



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

PROPUESTA DE UN MODELO DE MEJORA CONTINUA DE LOS
PROCESOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE UNA METALMECÁNICA
APLICANDO HERRAMIENTAS LEAN.

AUTOR

Manuel Fernando Cevallos Maldonado

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS.

PROPUESTA DE UN MODELO DE MEJORA CONTINUA DE LOS
PROCESOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE UNA
METALMECANICA APLICANDO HERRAMIENTAS LEAN.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Producción
Industrial

Profesor Guía

Msc. Edison Rubén Chicaiza Salgado

Autor

Manuel Fernando Cevallos Maldonado

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido este trabajo, propuesta de un modelo de mejora continua de los procesos en el área de producción de una metalmecánica aplicando herramientas Lean, a través de reuniones periódicas con el estudiante Manuel Fernando Cevallos Maldonado en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"



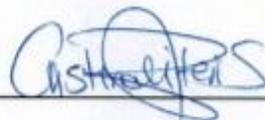
Edison Rubén Chicaiza Salgado

Master in Business Administration and Management

C.I: 1710329036

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, propuesta de un modelo de mejora continua de los procesos en el área de producción de una metalmecánica aplicando herramientas Lean, del estudiante Manuel Fernando Cevallos Maldonado en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"



Cristina Belén Viteri Sánchez

Master in Advanced Engineering of Logistics Production and supply chain

C.I: 1715638373

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

"Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes".



Manuel Fernando Cevallos Maldonado

C.I:1719059568

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirme y darme fortaleza durante toda mi vida, a mis padres por el esfuerzo y confianza que me han dado, así como todos los conocimientos que me han brindado. A mis maestros que me han guiado y han sido mi impulso para lograr culminar mi carrera.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado plenamente a mis padres, quienes en ningún momento dudaron en brindarme todo su amor y apoyo y sobre todo su confianza para que yo llegara a este punto de mi vida y permitirme cumplir mis sueños.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se enfoca principalmente en la eliminación de piezas defectuosas durante la fabricación de chasis en una empresa ecuatoriana metalmecánica.

Se realizó un estudio de los procesos dentro del área de fabricación, procesos que involucran la elaboración de piezas para ensamble de chasis, con este estudio se identificó las piezas en donde se hallaban más porcentaje de defectos para así poder atacarlos. Además de ellos se realizó diagramas de SIPOC y flujogramas, permitiendo entender los procesos y actividades de cada pieza más a fondo. Una vez identificados los principales defectos y entendido más a fondo cada uno de los procesos se aplicó un diagrama Ishikawa para poder hallar la causa raíz de los problemas.

Se analizó e identificó las Herramientas Lean más óptimas de aplicar y las que traerían mejores resultados, en este caso son: 5 S, que permitió tener un orden, limpieza y estandarización mejor gestionado dentro de la empresa, otra herramienta que se utilizó fue el TPM herramienta que ayudó a mejorar la disponibilidad de tiempo dentro de la organización, asimismo SMED brindó ayuda en el mismo punto permitiendo un manejo más óptimo del traslado de troqueles y finalmente el uso de Poka-Yoke que permitió que los defectos de perforaciones faltantes y perforaciones desplazadas sean solucionados, reduciendo notablemente el porcentaje de piezas defectuosas dentro del área de producción.

Como resultados se obtuvo un aumento en el OEE en el área de fabricación, debido a la mejora en la disponibilidad de tiempo, eficiencia de la maquinaria y reducción de piezas defectuosas, así como un ahorro económico significativo debido a la menor cantidad de materia prima desechada, logrando un ahorro para la empresa de \$3.582,70 al mes.

ABSTRACT

This project is focused mainly on the elimination of defective parts during the chassis manufacturing in an Ecuadorian metalworking company.

A study of processes within manufacturing areas was carried out, processes that involve the elaboration of parts for chassis assembly, with this study the parts were identified where more percentage of defects were found in order to attack the. In addition, a SIPOC diagram and flowchart were made, allowing to understand the processes and activities of each piece more thoroughly. Once de main defects have been identified and each process has been thoroughly understood, there were used an Ishikawa diagram to find the root cause of the problems.

It was analyzed and identified the most optimal Lean Tools to apply and those that would bring better results, in this case they are: 5 S, which allowed to have a better managed order, cleanliness and standardization within the company, another tool that was used was the TPM tool that helped improve the availability of time within the organization, SMED also provided assistance at the same point allowing a more optimal handling of the transfer of dies and finally the use of Poka-Yoke that allowed the defects of missing perforations and displaced perforations are solved, significantly reducing the percentage of defective parts within the production area.

As a result, an increase in the OEE in the manufacturing area was obtained, due to the improvement in the availability of time, machinery efficiency, and defective parts reductions, as well as significant economic saving due to the lower amount of raw material discarded, achieving savings for the company of \$3,582.70 per month.

ÍNDICE

1. Capítulo I: Introducción	1
1.1. Contexto referencial a la empresa	1
1.2. Antecedentes de la empresa	1
1.2.1. Visión	2
1.2.2. Misión.....	2
1.2.3. Valores	3
1.3. Estructura organizacional:	3
1.3.1. Organigrama de la organización:	3
1.4. Mercado	4
1.4.1. Ventas del sector automotor	4
1.4.2. Generación de puestos de trabajo del sector automotor	6
1.5. Cartera de productos	7
1.6. Descripción del problema	8
1.7. Justificación	9
1.8. Alcance:.....	10
1.9. Objetivos	10
1.9.1. Objetivo general	10

1.9.2 Objetivos específicos	10
2. Capítulo II: Marco Teórico	11
2.1. Proceso	11
2.1.1. Gestión por Procesos:.....	11
2.1.2. SIPOC:	12
2.1.3 Diagrama de Flujo:	12
2.2. Productividad.....	13
2.3. Lean Manufacturing	14
2.3.1. Antecedentes de Lean Manufacturing	14
2.3.2. Pilares de Lean Manufacturing.....	15
2.4. Mejora continua y herramientas.....	16
2.4.1. Las 5S	17
2.4.2. Diagrama de Pareto	20
2.4.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	21
2.4.4. Poka Yoke	24
2.4.5. SMED.....	25
2.4.6. Eficiencia General de los Equipos (OEE)	27
2.4.7. Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)	28
3. Capítulo III. Análisis de la Situación Actual	36

3.1. Proceso de producción	36
3.2. Materiales y equipos utilizados	36
3.3. Descripción de actividades	37
3.3.1 Etapas del proceso de elaboración de piezas del chasis	37
3.3.2 SIPOC para la elaboración de chasis.....	37
3.3.3. Diagrama de flujo del chasis	39
3.3.4. Piezas para la fabricación de chasis	39
3.4. Descripción del personal	43
3.5. Diagrama de Pareto por defectos	45
3.6. Diagrama de Pareto por piezas defectuosas	46
3.7. SIPOC por proceso	47
3.7.1. SIPOC Oreja de montaje Proceso de Corte	48
3.7.2. SIPOC Oreja de montaje Proceso de Doblado	49
3.7.3. SIPOC Oreja de montaje Proceso de Almacenamiento	50
3.7.4. SIPOC Bracket Montaje Superior Proceso de Corte	52
3.7.5. SIPOC Bracket Montaje Superior Proceso de Doblado	53
3.7.6. SIPOC Bracket Montaje Superior Proceso de Almacenamiento	54
3.7.7. SIPOC Panel Balde con Perforaciones Proceso de Corte	56
3.7.8. SIPOC Panel Balde con Perforaciones Proceso de Embutido	57

3.7.9. SIPOC Panel Balde con Perforaciones Proceso de Perforado	58
3.7.10. SIPOC Panel Balde con Perforaciones Proceso Almacenado	59
3.7.11. SIPOC Panel Balde sin Perforaciones Proceso de Corte	61
3.7.12. SIPOC Panel Balde sin Perforaciones Proceso de Embutido	62
3.7.13. SIPOC Panel Balde sin Perforaciones Proceso Almacenado	63
3.7.13.1 Diagrama de flujo Panel Balde sin Perforaciones	64
3.8. Descripción general de la situación actual	64
3.9. Cálculo del OEE	65
3.9.1 OEE Prensa 1500 Toneladas.....	69
3.9.2 OEE Prensa 1000 Toneladas.....	74
3.9.3 OEE Prensa 50 Toneladas.....	79
3.10. Descripción de las piezas defectuosas	84
3.10.1 Oreja de Montaje.....	84
3.10.2 Bracket Montaje Superior	88
3.10.3 Panel Balde con/sin perforaciones	91
3.11 Tabla resumen de defectos	95
3.12 Identificación del problema	96
4. Capítulo IV. Propuesta de Mejora	96
4.1 Las 5 S	96

4.1.1 Checklist de evaluación de las 5 S.....	97
4.1.2 Plan de acción.....	98
4.2. TPM.....	100
4.2.1. PASO 1	101
4.2.2. PASO 2: Lanzamiento de Campaña Educativa.....	101
4.2.3. PASO 3: Establecer políticas y metas para el TPM	102
4.2.4. PASO 4: Plantear un plan maestro para el desarrollo del TPM	102
4.2.5. PASO 5: Mejorar la efectividad del equipo.....	113
4.2.6. PASO 6: Establecer un programa de mantenimiento.....	114
4.2.7. PASO 7: Conducir entrenamiento para mejorar capacidades.....	114
4.2.8. PASO 8: Implantación del TPM contemplando metas elevadas ...	114
4.2.9. Especificaciones de la máquina	115
4.2.10. Plan de mantenimiento prensa 1500, 1000 y 50 toneladas.....	117
4.3. SMED.....	122
4.3.1. Cambio de matriz en un solo dígito de minutos SMED	122
4.3.2. Etapa preliminar	122
4.3.3. Separar las operaciones internas de las externas.....	123
4.3.4. Convertir operaciones internas en externas.....	125
4.3.5. Perfeccionar operaciones internas y externas	127

4.4. Poka-Yoke	129
4.4.1 Punzón	129
4.4.2 Topes	131
5. Capítulo V. Análisis de Resultados.....	132
5.1. Ahorro productivo 5S	133
5.2. Ahorro productivo TPM.....	133
5.2.1 Situación actual TPM	133
5.3. Ahorro productivo SMED	135
5.3.1 Situación actual SMED.....	135
5.3.2 Situación futura SMED	136
5.4. Análisis del OEE	137
5.5. Análisis económico	157
5.5.1 Análisis económico con la propuesta de mejora	159
5.5.2 Costos hora/hombre.....	162
5.5.3 Productividad con respecto al OEE.....	165
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	167
6.1 Conclusiones.....	167
6.2 Recomendaciones.....	168
REFERENCIAS.....	170

ANEXOS	173
--------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de Trabajadores	1
Tabla 2. Cantidad de trabajadores en el sector automotor.....	6
Tabla 3. Cantidad de trabajadores de comercio vehicular.	7
Tabla 4. Cartera de productos de la empresa metalmecánica	8
Tabla 5. Simbología del Diagrama de Flujo	13
Tabla 6. Significado 5 “S”	17
Tabla 7. Fallas y efectos en los procesos	30
Tabla 8. Grado de severidad.....	32
Tabla 9. Grado de Ocurrencia.....	34
Tabla 10. Grado de detección	35
Tabla 11. Número Prioritario de Riesgo	35
Tabla 12. Etapas del proceso de elaboración del chasis	37
Tabla 13. SIPOC Proceso de elaboración de Chasis.....	38
Tabla 14. Piezas para la fabricación de Chasis.....	40
Tabla 15. Registro de Producto no conforme.....	41
Tabla 16. Información del área operativa	44
Tabla 17. Priorización por defectos	45
Tabla 18. Priorización por pieza defectuosa.....	46

Tabla 19. SIPOC Oreja de montaje proceso de corte	48
Tabla 20. SIPOC Oreja de montaje proceso de doblado	49
Tabla 21. SIPOC Oreja de montaje proceso de almacenado.....	50
Tabla 22. SIPOC Bracket montaje superior proceso de corte.....	52
Tabla 23. SIPOC Bracket montaje superior proceso de doblado	53
Tabla 24. SIPOC Bracket montaje superior proceso de almacenado	54
Tabla 25. SIPOC Panel balde con perforaciones proceso de corte	56
Tabla 26. SIPOC Panel balde con perforaciones proceso de embutido.....	57
Tabla 27. SIPOC Panel balde con perforaciones proceso de perforado	58
Tabla 28. SIPOC Panel balde con perforaciones proceso de almacenado	59
Tabla 29. SIPOC Panel balde sin perforaciones proceso de corte.....	61
Tabla 30. SIPOC Panel balde sin perforaciones proceso de embutido.....	62
Tabla 31. SIPOC Panel balde sin perforaciones proceso de almacenado.....	63
Tabla 32. Producción mensual.....	65
Tabla 33. Rango de valoración del OEE	66
Tabla 34. Paras Programadas.....	67
Tabla 35. Paras Programadas prensa 1500 Toneladas	69
Tabla 36. Paras no programadas prensas 1500 TN mes de enero.....	69
Tabla 37. Paras no programadas prensas 1500 TN mes de febrero.....	70
Tabla 38. Paras no programadas prensas 1500 TN mes de marzo.....	70

Tabla 39. Tiempo operativo prensa 1500 TN.....	71
Tabla 40. Cálculo del OEE prensa 1500 TN situación actual.....	73
Tabla 41. Paras programadas, prensa 1000 TN.....	74
Tabla 42. Paras no programadas, prensa 1000 TN mes de enero.....	74
Tabla 43. Paras no programadas, prensa 1000 TN mes de febrero.....	75
Tabla 44. Paras no programadas, prensa 1000 TN mes de marzo.....	75
Tabla 45. Tiempo operativo prensa 1000 TN.....	76
Tabla 46. Cálculo del OEE prensa 1000 TN situación actual.....	78
Tabla 47. Paras programadas, prensa 50 TN	79
Tabla 48. Paras no programadas, prensa 50 TN mes de enero.....	79
Tabla 49. Paras no programadas, prensa 50 TN mes de febrero	80
Tabla 50. Paras no programadas, prensa 50 TN mes de marzo.....	80
Tabla 51. Tiempo operativo prensa 50 TN	81
Tabla 52. Cálculo del OEE prensa 50 TN situación actual.....	83
Tabla 53. AMEF Oreja de montaje.....	87
Tabla 54. AMEF Bracket montaje superior.....	90
Tabla 55. AMEF Panel balde con/sin perforaciones.....	93
Tabla 56. Resumen de defectos.....	95
Tabla 57. Plan de acción 5S.....	98
Tabla 58. Plan de capacitación 5S	99

Tabla 59. Plan de capacitación TPM.....	101
Tabla 60. 5S Aplicada en la maquinaria.....	102
Tabla 61. Lubricación de las prensas.....	105
Tabla 62. Formato de sugerencias para mantenimiento prensa 1500 TN.....	105
Tabla 63. Formato de sugerencias para mantenimiento prensa 1000 TN.....	106
Tabla 64. Formato de sugerencias para mantenimiento prensa 50 TN.....	107
Tabla 65. Estándares de limpieza y lubricación	109
Tabla 66. Checklist correcto funcionamiento de los equipos.....	110
Tabla 67. Tiempos para limpieza e inspección de prensas.....	112
Tabla 68. Tablero de control visual.....	113
Tabla 69. Especificaciones de la máquina prensa 1500 TN.....	115
Tabla 70. Especificaciones de la máquina prensa 1000 TN.....	116
Tabla 71. Especificaciones de la máquina prensa 50 TN.....	116
Tabla 72. Plan de mantenimiento limpieza externa de prensas	117
Tabla 73. Plan de mantenimiento limpieza panel de control	118
Tabla 74. Plan de mantenimiento limpieza exterior de las guías.....	119
Tabla 75. Plan de mantenimiento inspecciones de fugas	120
Tabla 76. Plan de mantenimiento inspección de grasa y lubricación.....	121
Tabla 77. Actividades de montaje y desmontaje de troquel.....	122
Tabla 78. Actividades internas	123

Tabla 79. Actividades externas.....	124
Tabla 80. Tiempo total actividades internas y externas.....	124
Tabla 81. Conversión de actividades internas en externas.....	126
Tabla 82. Ahorro de tiempo aplicando SMED.....	127
Tabla 83. Optimización de tiempos y operaciones.....	128
Tabla 84. Tiempo de mantenimiento prensa 1500 TN situación actual.....	133
Tabla 85. Tiempo de mantenimiento prensa 1000 TN situación actual.....	134
Tabla 86. Tiempo de mantenimiento prensa 50 TN situación actual.....	134
Tabla 87. Tabla comparativa prensa 1500 TN mes de enero.....	137
Tabla 88. Tabla comparativa prensa 1500 TN mes de febrero	138
Tabla 89. Tabla comparativa prensa 1500 TN mes de marzo.....	139
Tabla 90. Registro de producto no conforme con exceso de rebabas.....	140
Tabla 91. Tiempo operativo situación futura prensa 1500 TN.....	140
Tabla 92. Cálculo del OEE prensa 1500 TN situación futura.....	143
Tabla 93. Tabla comparativa prensa 1000 TN mes de enero	144
Tabla 94. Tabla comparativa prensa 1000 TN mes de febrero.....	145
Tabla 95. Tabla comparativa prensa 1000 TN mes de marzo.....	146
Tabla 96. Registro producto no conforme con perforaciones desplazadas.....	147
Tabla 97. Tiempo operativo situación futura prensa 1000 TN.....	148
Tabla 98. Cálculo del OEE prensa 1000 TN situación futura.....	150

Tabla 99. Tabla comparativa prensa 50 TN mes de enero.....	151
Tabla 100. Tabla comparativa prensa 50 TN mes de febrero.....	152
Tabla 101. Tabla comparativa prensa 50 TN mes de marzo.....	153
Tabla 102. Registro de producto no conforme con perforación faltante.....	154
Tabla 103. Tiempo operativo situación futura prensa 50 TN.....	155
Tabla 104. Cálculo del OEE prensa 50 TN situación futura.....	157
Tabla 105. Gastos en compra de láminas para la fabricación de las piezas...	158
Tabla 106. Piezas obtenidas por lámina.....	158
Tabla 107. Total de láminas desechadas por defectos.....	158
Tabla 108. Total láminas desechadas por defecto con propuesta de mejora..	159
Tabla 109. Análisis de gastos implementando la mejora.....	160
Tabla 110. Análisis costo hora/hombre prensa 1500 TN situación actual.....	162
Tabla 111. Análisis costo hora/hombre prensa 1500 TN situación futura.....	163
Tabla 112. Tabla comparativa costos hora/hombre prensa 1500 TN.....	163
Tabla 113. Análisis costos hora/hombre prensa 1000 TN situación actual.....	163
Tabla 114. Análisis costos hora/hombre prensa 1000 TN situación futura.....	164
Tabla 115. Tabla comparativa costos hora/hombre prensa 1000 TN.....	164
Tabla 116. Análisis de costos hora/hombre prensa 50 TN situación actual.....	164
Tabla 117. Análisis de costos hora/hombre prensa 50 TN situación futura.....	165
Tabla 118. Tabla comparativa costos hora/hombre prensa 50 TN.....	165

Tabla 119. Productividad del OEE antes y después.....	165
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la organización.	3
Figura 2. Venta total de vehículos del sector automotor	4
Figura 3. Cantidad total de vehículos livianos vendidos del sector automotor ...	5
Figura 4. Venta de vehículos livianos por provincias en porcentajes	5
Figura 5. Funcionamiento del SMED.....	26
Figura 6. Cálculo el OEE	28
Figura 7. Tipos de AMEF	29
Figura 8. Diagrama de flujo del chasis	39
Figura 9. Diagrama de Pareto con respecto a los defectos.....	46
Figura 10. Diagrama de Pareto con respecto a las piezas defectuosas.....	47
Figura 11. Diagrama de flujo Oreja de montaje.....	51
Figura 12. Diagrama de flujo Bracket montaje superior	55
Figura 13. Diagrama de flujo Panel balde con perforaciones	60
Figura 14. Diagrama de flujo Panel balde sin perforaciones.	64
Figura 15. Cálculo del OEE situación actual prensa 1500 TN.....	73
Figura 16. Cálculo del OEE situación actual prensa 1000 TN.....	78
Figura 17. Cálculo del OEE situación actual prensa 50 TN.....	83
Figura 18. Diagrama Ishikawa exceso de rebabas.....	86

Figura 19. Diagrama Ishikawa perforación desplazada.....	89
Figura 20. Diagrama Ishikawa perforación faltante	92
Figura 21. Checklist de auditoría de las 5S.....	97
Figura 22. Actividades internas y externas situación actual	124
Figura 23. Actividades internas y externas en porcentaje	125
Figura 24. Diagrama de Pareto priorización de actividades por tiempo	126
Figura 25. Punzón antiguo	129
Figura 26. Punzón nuevo	130
Figura 27. Plano del punzón.....	130
Figura 28. Topes	131
Figura 29. Plano de los topes.....	131
Figura 30. Situación actual del montaje y desmontaje de troqueles.....	135
Figura 31. Situación futura del montaje y desmontaje de troqueles.....	136
Figura 32. OEE actual vs OEE propuesto prensa 1500 TN	143
Figura 33. OEE actual vs OEE propuesto prensa 1000 TN	150
Figura 34. OEE actual vs OEE propuesto prensa 50 TN	157
Figura 35. Eficiencia de los materiales actual vs propuesta.....	161
Figura 36. Ahorro de láminas actual vs propuesta	161
Figura 37. Gráfica comparativa de productividad.....	166

1. Capítulo I: Introducción

1.1. Contexto referencial a la empresa

A lo largo de los años las industrias han ido evolucionando exponencialmente, buscando la mejor manera posible de lograr una estabilidad en el mercado, ya sea innovando, aumentando la calidad o incrementando la credibilidad de sus clientes. Para lograr esta estabilidad lo que han realizado las empresas e industrias ha sido buscar soluciones a los problemas siempre con la intención de optimizar los recursos implementando la filosofía “Lean Manufacturing”, la cual logra una mejora en la productividad, aumenta la satisfacción de los clientes, reduce los costos y reduce inventarios, todo esto en conjunto logra un aumento en la rentabilidad de la empresa.

1.2. Antecedentes de la empresa

Esta organización metalmecánica ecuatoriana fundada en el año 1972 se encuentra ubicada en el sector de Cotacollao Calle N69 E3-90 y Panamericana Norte Km 5 ½. Esta empresa está enfocada en el sector automotriz dedicada a la fabricación de rieles, ensamble de chasis, ensamble de baldes de camionetas, fabricación de estructura de asientos, parachoques, ensamble de motos de varios modelos, fabricación de motopartes, producción de bicicletas y recientemente se dedican a la fabricación de elevadores de cargas.

La empresa cuenta con un total de 110 colaboradores, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 1.

Cantidad de Trabajadores.

Tipo de área	Cantidad de trabajadores
Área Administrativa	21

Área Financiera	8
Departamento Médico	1
Área de Producción	35
Área de Ensamble	25
Área de Estibadores	10
Área de Limpieza	4
Área de Cocina y Guardianía	6
TOTAL	110

Esta empresa metalmecánica en el año 2017 llegó a facturar una cantidad aproximada de: \$13,000.000 dólares, agregando además que dentro de la cartera de producto se destacan las bicicletas MET entregadas a Corporación La Favorita.

1.2.1. Visión

La visión actual de la empresa metalmecánica se describe de la siguiente manera:

Busca ser líder en la industria metalmecánica de partes estampadas y negocios afines. Las alianzas estratégicas con empresas de clase mundial, le ha permitido participar en negocios que han representado un hito histórico en la industria metalmecánica y el mercado automotriz ecuatoriano.

1.2.2. Misión

La misión que forma parte de la empresa metalmecánica se describe a continuación:

Fabricación y ensamble de autopartes metálicas, motocicletas y bicicletas bajo óptimas condiciones competitivas, contando para ello con personal especializado en mejorar continuamente sus procesos.

1.2.3. Valores

Entre los principales valores corporativos que se pretenden aplicar al ejercer las actividades laborales por parte de sus trabajadores se encuentran:

- Compromiso.
- Honestidad.
- Identidad.
- Respeto.
- Integridad.

1.3. Estructura organizacional:

En la estructura organizacional se determinan los correspondientes niveles de jerarquía de acuerdo a los diferentes puestos de trabajo existentes en la empresa metalmecánica, estableciendo las denominaciones de cada uno de los cargos que forman parte de la organización.

1.3.1. Organigrama de la organización:

Para determinar la forma de organización de la empresa metalmecánica, sus directivos ya cuentan con un organigrama estructural en el que se identifican los puestos de trabajo que conforman los niveles directivos, ejecutivos y operativos, por lo que cada uno de ellos se visualiza en la siguiente figura:

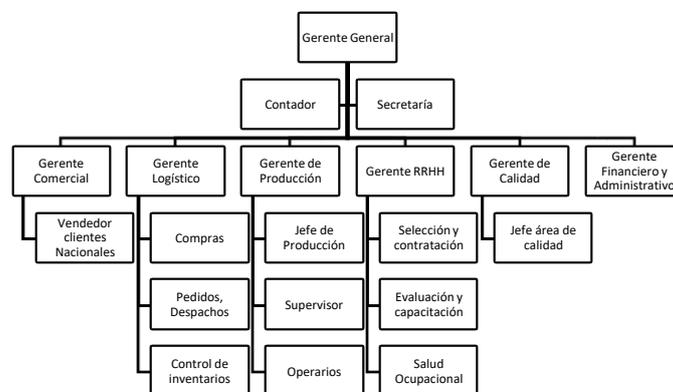


Figura 1. Organigrama de la organización.

1.4. Mercado

1.4.1. Ventas del sector automotor

El mercado del sector automotor se caracteriza por las ventas que se han realizado dentro de un tiempo previamente establecido, para los propósitos de la actual investigación se identifican los ingresos desde el mes de septiembre del 2017 hasta el mes de marzo del 2019, este tipo de información se especifica en la siguiente figura:

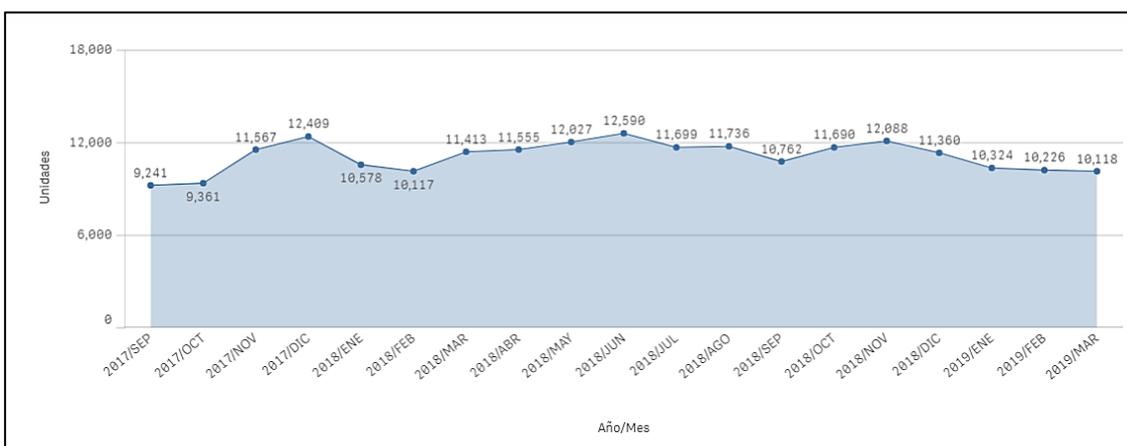


Figura 2. Venta total de vehículos del sector automotor

Adaptado de: (AEADE, 2019).

En la figura anterior, se observa que en el mes de diciembre del 2017 y en junio del 2018 se han vendido un total de 12409 y 12590 vehículos respectivamente convirtiéndose en los meses con mayores ingresos para el sector automotor. En cambio, durante los meses de febrero del 2018 y marzo del 2019 las ventas se reducen a 10117 y 10118 vehículos respectivamente los cuales se identifican un menor número de ventas en los períodos de tiempo especificados. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, (AEADE, 2019).

En cuanto a la venta de vehículos livianos también se identifican un diverso número de unidades vendidas en el periodo julio del 2017 hasta marzo del 2019, cuyas cifras se identifican en la figura siguiente:

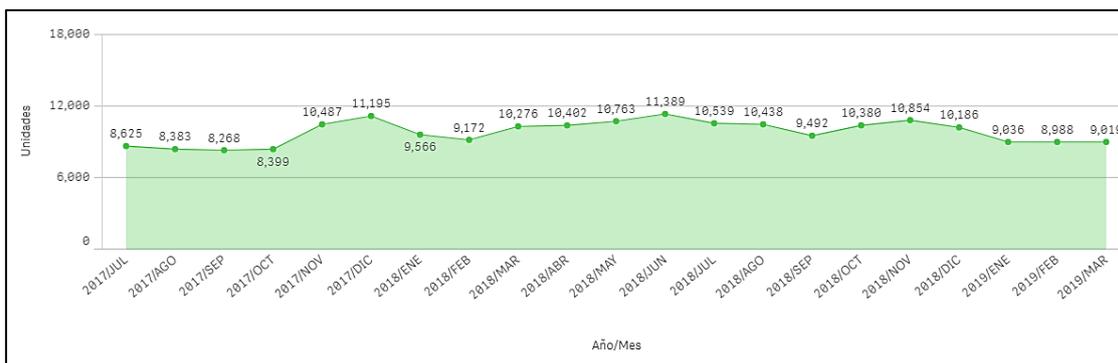


Figura 3. Cantidad total de vehículos livianos vendidos del sector automotor

Adaptado de: (AEADE, 2019).

En la tabla anterior, se visualiza que en el mes de diciembre del 2017 se registran 11195 vehículos livianos vendidos y en junio del 2018 estas cifras ascienden a 11389 vehículos, convirtiéndose así en los meses con mayores ingresos de las empresas que pertenecen al sector automotor. No obstante, en los meses de octubre y septiembre del 2017 se registran 8268 y 8399 vehículos livianos vendidos, por lo que se determina un menor número de ventas realizadas debido al decrecimiento de la demanda por parte de la población del país. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, (AEADE, 2019).

A más de ello, en cuanto a la venta de vehículos livianos se identifican también el porcentaje para cada provincia, por lo que estas cifras se detallan a continuación:

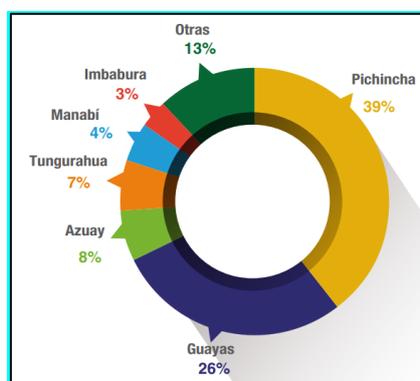


Figura 4. Venta de vehículos livianos por provincias en porcentajes

Adaptado de: (AEADE, 2019).

Nota: Porcentajes corresponden al periodo enero 2019 a marzo 2019

Entre las cifras que se tienen en la figura anterior, se observa que la venta de vehículos livianos está dada en un 39% para Pichincha, el 26% para la provincia del Guayas y el 8% para el Azuay, es decir, que aproximadamente dos de cada cinco vehículos livianos se encuentran en Pichincha convirtiéndose en la provincia con mayor venta de este tipo de automóviles en el primer trimestre del año 2019.

1.4.2. Generación de puestos de trabajo del sector automotor

El sector automotor del país ha generado diversos puestos de trabajo durante el año 2018, ya sea en la fabricación de vehículos como en las actividades del comercio y reparación de automóviles o motocicletas.

Es por ello, que en cuanto a la fabricación de vehículos se identifican el número de trabajadores por cada tipo de subactividad, las mismas que se clasifican de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 2.

Cantidad de trabajadores en el sector automotor

Actividad	Número de Trabajadores*	Porcentaje (%)
Fabricación de vehículos, remolques y semirremolques	1.401	28,4%
Fabricación de carrocerías	2.231	45,2%
Fabricación de autopartes	1.309	26,5%
TOTAL	4.941	100,0%

Tomado de: (AEADE, 2019)

Nota: Las cifras están actualizadas al año 2018

Entre las actividades de comercio y reparación de vehículos o motocicletas del sector automotor, se determinan el número de trabajadores por cada tipo de actividad en relación a la tabla siguiente:

Tabla 3.

Cantidad de trabajadores de comercio vehicular.

Actividad	Número de Trabajadores	Porcentaje (%)
Venta de vehículos	15.610	24,7%
Mantenimiento de vehículos	22.857	36,2%
Venta de autopartes	22.116	35,0%
Venta y mantenimiento de motocicletas	2.631	4,2%
TOTAL	63.214	100,0%

Tomado de: (AEADE, 2019)

Nota: Las cifras están actualizadas al año 2018

Por lo tanto, el sector automotor genera en total 68115 empleos según la Asociación de Empresas Automotriz del Ecuador (AEADE, 2019) que se distribuyen entre las actividades fabricación de vehículos, así como también en el comercio y reparación de vehículos o motocicletas.

1.5. Cartera de productos

Entre la cartera de productos que se fabrican y comercializan por parte de la empresa metalmecánica se encuentran los siguientes de acuerdo como se observa en la tabla siguiente:

Tabla 4.

Cartera de productos de la empresa metalmecánica

Productos	
<p>Estructura de asientos</p> 	<p>Chasis</p> 
<p>Parachoques</p> 	<p>Ensamblaje de motos</p> 
<p>Motopartes</p> 	<p>Bicicletas</p> 

1.6. Descripción del problema

Dentro de la organización existen varias áreas en donde se desempeñan distintas actividades para lograr cumplir con los objetivos y metas de la empresa, sin embargo, dentro del área de fabricación se ha encontrado un problema a la hora de realizar las piezas que consiste en un alto nivel de productos no conforme el cual luego es desechado o sometido a un reproceso, generando desperdicios de tiempo, material y por ende dinero.

Igualmente, la falta de organización y limpieza son causantes de las fallas y reprocesos en la empresa, además de la poca disponibilidad de tiempo debido a

las paras no programadas que se generan en las jornadas laborales, lo que evita que se tenga una productividad alta.

Se debe observar que al momento en que una pieza no cumple con las especificaciones de las cartas de control y las hojas de procesos es cuando aparece el problema, ya que, al momento de realizar el control, existen los límites de control superior e inferior, límites que no deben sobrepasar, pero aun así existen variaciones, ocasionando que al momento de pasar la pieza de un proceso a otro se pueden encontrar fallos en ellas, evitando que el proceso pueda ser fluido.

El problema se genera puesto que, estos controles están bien estipulados y es necesario seguirlos al pie de la letra, pero al momento en que uno de los colaboradores no cumple con estos controles y requisitos, es cuando el problema se empieza a expandir, y es en este momento cuando se debe buscar la solución y eliminar el problema, mejorando el proceso constantemente.

Estas fallas ocurren principalmente en las prensas de 1500, 1000 y 50 toneladas, pero esto no quiere decir que en las demás máquinas no ocurra este problema de variaciones en las cartas de control.

1.7. Justificación

Las propuestas de mejora que se utilizarán dentro de este trabajo de titulación buscan la solución de ciertos problemas logrando que estas soluciones contribuyan a la mejora de la productividad, logrando una mayor satisfacción hacia el cliente, asimismo se logrará una reducción de costos y por ende reducción de inventarios.

Este proceso se llevará a cabo en el área de fabricación en donde los procesos serán levantados y analizados buscando oportunidades de mejora, reduciendo fallas y defectos en los productos finales, lo que generaría un aumento en la rentabilidad de la empresa y reducción de costos por reprocesos o por materia prima desechada.

Se hará el uso de herramientas Lean, herramientas las cuales ayudan a reconocer problemas de mayor importancia y sus supuestos errores o efectos adversos dentro de un conjunto de procesos, ayudando a priorizar estos defectos y atacarlos.

Otra ventaja de estas herramientas es que nos ayudarán a medir la eficiencia productiva de la maquinaria que se encuentre dentro de la planta de producción, así como la disponibilidad de tiempo y la calidad de los productos.

1.8. Alcance:

El proyecto de titulación se realizará en una empresa metalmecánica de Quito-Ecuador en el área de producción, donde se analizarán los productos con fallas, los desperdicios que se generan, fallas de control y por ende las no conformidades en los productos para así atacar a dichos procesos y productos, eliminando el problema.

1.9 Objetivos

1.9.1 Objetivo general

Proponer un modelo de mejora continua de los procesos en el área de producción de una metalmecánica aplicando herramientas lean.

1.9.2 Objetivos específicos

Realizar un levantamiento de procesos, analizando sus entradas y salidas.

Analizar los procesos donde se encuentren fallas, recolectando la información necesaria.

Identificar las piezas defectuosas que inciden en el desperdicio.

Diseñar la propuesta de mejora continua aplicando herramientas lean para la empresa metalmecánica.

Identificar los beneficios económicos, disminuyendo las paras no programadas y los defectos, aumentando la productividad y el rendimiento.

2. Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Proceso

En términos generales, se denominan como proceso al “conjunto de pasos o etapas necesarios para llevar a cabo una actividad o lograr un objetivo” (Robbins & Coulter, 2015), es decir, que un proceso se caracteriza por conformarse por la agrupación de acciones que se encuentran relacionadas unas a otras que se encaminan hacia un mismo propósito.

Dentro de los términos operativos, se conocen que los procesos son un “conjunto de actividades que guardan relación entre sí, con el fin de conseguir un producto en específico, mediante la transformación de la materia prima que es la entrada de los materiales hasta obtener el producto final, también conocido como salida” (Bravo, 2016).

Por lo tanto, se denomina como proceso al conjunto de acciones consecutivas que conllevan a la realización de un bien o servicio en particular la materia prima o insumos necesarios, para la fabricación del producto final en cuestión que se desea fabricar, de acuerdo a las especificaciones que se hayan establecido con anterioridad y logrando un objetivo.

2.1.1. Gestión por Procesos:

La gestión por procesos brinda herramientas con las que se puede mejorar el flujo dentro de las distintas áreas de trabajo, logrando así que estas sean más eficientes, eficaz para poder adaptarlo a las necesidades que lo requieran los clientes. (ISOTools, 2019).

Es decir que, la gestión por procesos, ayuda a determinar qué actividades consecutivas deben ser mejoradas o rediseñadas para así alcanzar los objetivos planteados, obteniendo provecho de sus fortalezas y atacando sus debilidades.

Es necesario que las empresas sean tan eficientes como sus procesos, por ende, al demostrar una optimización de tiempos en las actividades que conforman cada proceso se posibilita una mayor eficiencia en la organización.

2.1.2. SIPOC:

Es una representación esquemática de los factores que influyen dentro de la fabricación de un producto, estos factores o componentes del SIPOC son:

- S: Supplier (Proveedor): Son aquellas entidades que nos proveen de la materia prima necesaria para poder producir el producto final.
- I: Input (Entrada): Es la materia prima o proceso por el cual iniciara consecutivamente los procesos.
- P: Process (Proceso): Son las actividades que se realizan a lo largo del proceso para poder cumplir con el producto solicitado.
- O: Output (Salida): Es el producto final que se obtiene después de haber realizado todas las actividades de los procesos.
- C: Customer (Cliente): Es la entidad a quien se le dará el producto final, estos clientes pueden ser clientes internos o externos.

El diagrama de SIPOC es un diagrama de aproximación al proceso, incluyendo etapas o pasos principales del proceso a realizar. (Pardo, 2017).

2.1.3 Diagrama de Flujo:

Este diagrama representa la secuencia de los procesos gráficamente, logrando una interpretación mucho más simple de los mismos puesto que el uso de imágenes y diagramas facilita a la fácil comprensión del flujo.

Para realizar el diagrama de flujo existen 4 figuras principales que se muestran en la tabla 5, con las que se realizaran dichos diagramas (Círculo, rectángulo, rombo y flecha)

Tabla 5.

Simbología del Diagrama de Flujo

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Círculo	Indica tanto el inicio como el final del diagrama de flujo.
	Rectángulo	Sirve para describir la actividad que se va a realizar, tomando en cuenta que el verbo debe ir en infinitivo.
	Rombo	Se utiliza cuando es necesario la toma de una decisión.
	Flecha	Se utiliza para conectar los demás símbolos entre sí

Adaptado de: (Heflo, 2017)

Al momento de realizar un diagrama de flujo hay que realizar un análisis e identificar si el diagrama concuerda con el modo con el cual se está ejecutando las actividades. (Pardo, 2017).

2.2. Productividad

Se define como productividad a la “cantidad tanto de bienes como de servicios que se van a generar en relación a los recursos que fueron utilizados (Gallacher, 2016). Para que una empresa pueda crecer y seguir generando ingresos es necesario aumentar la productividad de la organización, utilizando métodos y adecuados para la medición de tiempos.

El cálculo de la productividad se utiliza principalmente para medir el rendimiento de los trabajadores y de las máquinas:

$$Productividad\ hombres = \frac{Cantidad\ de\ unidades\ producidas}{Cantidad\ de\ horas\ hombre\ trabajadas}$$

Ecuación 1

$$Productividad\ máquina = \frac{Cantidad\ de\ unidades\ producidas}{Cantidad\ de\ horas\ máquina}$$

Ecuación 2

La productividad, es más que todo, una mejora continua constante, que busca siempre mejores soluciones y con la mentalidad de hacer las cosas mejor de lo que lo hicimos el día de ayer, adaptándose a condiciones cambiantes en donde nos obligan a utilizar nuevas teorías, estrategias y métodos.

La productividad también es un factor sumamente importante puesto que mide el nivel de eficiencia que lleva un proceso o sistema en específico. (Mir, 2003). Hay que recordar que la productividad ayuda a optimizar los recursos y aumenta la velocidad en el cumplimiento de objetivos.

2.3. Lean Manufacturing

2.3.1. Antecedentes de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una “filosofía enfocada principalmente en la eliminación de desperdicios, ineficiencias y posibles problemas que se puedan generar dentro de una organización mediante el uso de ciertas herramientas que ayudaran a erradicar estos problemas” (Hernández & Vizán, 2016). Esto también generara efectos positivos en cuanto a los costos y al rendimiento de empresa, logrando que esta sea más ágil y efectiva a la hora de producir.

Se refiere también a actividades que no generan ningún valor dentro del proceso de producción y por las cuales los clientes no se sienten dispuestos a pagar, se generan fallas, desperdicios y desperdicios de tiempo y dinero. (Rajadell, 2010).

2.3.2. Pilares de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing posee 3 pilares fundamentales (Madariaga, 2019). los cuales los cuales se explican en los párrafos siguientes:

- **Primer pilar Kaizen.** Es una palabra japonesa conformada por dos palabras Kai que significa cambio y Zen que significa mejorar, siendo así el “Cambio para mejorar”, es una cultura que implica un cambio constante enfocado en hacer mejores prácticas. Kaizen es una mejora gradual generada por todos los trabajadores de la organización quienes aportan ciertas ideas o posibles mejoras que traigan grandes beneficios a la organización. Comprende 3 componentes primordiales: la percepción que es la identificación del problema, el desarrollo de ideas en donde se dan las posibles soluciones y finalmente la toma de decisiones en donde se las implementa y luego se analiza si fue efectivo.
- **Segundo pilar el control total de calidad:** El control de la calidad se refiere a que durante la fabricación disminuyan los costes de producción y los defectos en los productos, generando bajos precios para los consumidores, así como su confiabilidad y aumentando la rentabilidad de la organización. Todos los empleados y trabajadores de la organización participan dentro del control de la calidad, pero también se toma en cuenta a ciertos stakeholders como proveedores, distribuidores y otros órganos que se encuentren relacionados con la empresa.
- **Tercer pilar el Just In Time (JIT):** Con el JIT lo que se pretende es fabricar únicamente lo necesario sin generar sobreproducción y hacerlo en el instante preciso. El Takt Time también conocido como tiempo Takt expresa la relación que existe entre el tiempo de producción o el tiempo disponible entre la demanda y su comportamiento, esto nos ayuda a identificar la velocidad a la que está respondiendo la demanda, ayudando

a analizar si los procesos están produciendo de acuerdo a la demanda o si es que por otra parte se está generando una sobreproducción

2.4. Mejora continua y herramientas

Se conoce como mejora continua a los procesos operativos los cuales pueden ser perfeccionados y desarrollados de mejor manera, optimizando recursos y disminuyendo los defectos, basándose en las necesidades de los clientes internos y externos, así como las operaciones y sus problemas, junto con otros factores que juntos generan optimización (Corporación Heflo, 2017).

La mejora continua significa “optimizar y mejorar la calidad de los productos, procesos y/o servicios. Se la aplica principalmente a empresas manufactureras en donde la optimización y reducción de costos es fundamental” (Bravo, 2016), puesto que los recursos económicos son limitados por lo que hay que saber cómo utilizarlos, asimismo como la creciente competitividad que se va formando cada día, por lo que es de vital importancia la implementación de un sistema de mejora para la optimización continua.

Para la aplicación de mejora continua en los procesos de producción para eliminar errores y desperdicios dentro de la empresa existen ciertos factores a tomar en cuenta como la cantidad de productos defectuosos que se generan, cuáles son las piezas en donde más se generan fallas, el tiempo que se pierde en el caso de que las piezas deban ser sometidas a un reproceso y la cantidad de dinero que se pierde al momento de catalogar las piezas como desecho o scrap, estos y otros son los factores a ser estudiados para encontrar la mejor forma de eliminar las fallas que se generan.

Es en este punto en donde se empieza a analizar y a estudiar las mejores herramientas que se puedan implementar para la solución del problema, describiendo la teoría de las herramientas, su concepto, el propósito de la misma, los pasos necesarios para implementarla satisfactoriamente y finalmente dar a entender cuáles son las expectativas y resultados que se esperan obtener.

2.4.1. Las 5S

La 5´S es una herramienta utilizada para la solución de problemas, enfocado principalmente en la Calidad integral de la empresa, además del mantenimiento de las máquinas y un apropiado ambiente laboral. (González, 2014).

Las iniciales de las 5´ S se especifican tanto en japonés como en español de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 6.

Significado 5 “S”

Siglas en japonés	Significado en español
Seiri	Clasificación y descarte
Seiton	Organización
Seiso	Limpieza
Seiketsu	Estandarización
Shitsuke	Disciplina y compromiso

Tomado de: (Paritarios, 2019)

En la siguiente tabla se describe el significado de las 5 “s” traducidos del idioma japonés al español.

- **Clasificación y descarte (Seiri)**

Este sistema ayuda a distinguir entre aquellas cosas que se requieren o se necesitan, manteniéndolas en lugares convenientes y adecuados y de aquellas que pueden esperar y no pasa nada. (Jacobs & Chase, 2015).

Entre las principales ventajas de la Clasificación y Descarte son:

Ayuda en la reducción de necesidades de espacio, stock, almacenamiento, transporte y seguros.

Aumenta la productividad de las máquinas y personas implicadas.

Provoca un mayor sentido de la clasificación y la economía, menor cansancio físico y mayor facilidad de operación.

- **Organización (Seiton)**

Se refiere a “organizar las cosas para que sea mucho más fácil encontrarlas” (Argentina: Ministerio de Industria, Comercio y Minería, 2016). En otras palabras, la organización nos ayuda a ver qué tan eficientes somos para encontrar lo que se necesita y que tan rápido se puede devolver dicho material a su sitio.

Cada material, utensilio o herramienta, debe contar con un sitio exclusivo y específico en donde va a estar guardada, y una vez terminado su uso debe volver a él, manteniendo de esta forma la organización en el puesto de trabajo y en la empresa.

Entre las principales ventajas de Organización (Seiton) se encuentran las siguientes:

Menor necesidad de controles de stock y producción.

Brinda facilidad al momento de movilizarse dentro de la empresa, además de ayudar a controlar la producción.

Disminución en el tiempo de búsqueda de algún artículo o herramienta que se necesite o haga falta.

Tener un mejor orden para saber qué es lo que hace falta y que es lo que sobra para nunca tener material en exceso o escaso, también ayuda a que los materiales y productos no se deterioren con el tiempo.

- **Limpieza (Seiso)**

Se refiere a “contar con un puesto de trabajo limpio, conformable y debidamente ordenado” (Pérez Verzini, 2019). Es de suma importancia que cada uno de los trabajadores asigne correctamente su zona de trabajo, zona la cual deberá estar limpia y aseada en todo momento, siendo la responsabilidad del trabajador el mantener su puesto de trabajo en óptimas condiciones.

El tener un ambiente de trabajo limpio brinda seguridad al trabajador y aumento en la productividad, ya sea por parte de las personas o máquinas, además de mejorar en la calidad de los productos, evitando la existencia de reprocesos y optimizando el tiempo, al igual que facilita la venta del producto ayudando a la imagen interna y externa de la empresa, evita cualquier tipo de pérdidas y daños tanto a materiales como a los productos.

- **Estandarización (Seiketsu)**

Se refiere a mantener las 3 anteriores “S” (Selección, limpieza y orden). En esta “S” se puede hacer uso de una técnica muy factible llamada “gestión visual” que se muestra muy útil al momento de emplearla para mejorar los procesos, utilizada principalmente en la producción, calidad, seguridad y servicio al cliente.

Se entiende por estandarización a “un grupo de personas responsables quienes realiza periódicamente una serie de visitas a toda la empresa ayudando a detectar aquellos puntos que necesitan de mejora” (Madariaga, 2019).

Otra técnica utilizada es la de gestión por colores, en donde el mismo grupo anteriormente mencionado en lugar de tomar notas acerca de la situación de la empresa coloca una serie de tarjetas ya sean rojas o verdes en zonas que requieren algún tipo de mejora o en zonas especialmente cuidadas respectivamente.

Las principales ventajas de Estandarización (Seiketsu) que forma parte de la mejora continua se destacan las siguientes:

Aumenta la seguridad y el rendimiento del personal.

Elimina el riesgo de daños a la salud de los trabajadores.

Mejora la imagen de la empresa tanto interna como externamente.

Aumenta la motivación del personal hacia el trabajo que desempeñan.

- **Disciplina (Shitsuke)**

Se refiere a la forma disciplina y constancia al momento de realizar las acciones correctas que forman parte de nuestra vida diaria. Está dado por la voluntad de hacer las cosas como se supone se deben hacer, es decir hacer las cosas bien. Es el deseo de crear un entorno de trabajo en base de buenos hábitos (Madariaga, 2019)

La disciplina también ayuda a crear una rutina de todas las “S” anteriormente mencionadas, en realizar todas estas actividades a diario y que se convierta en una forma de vida, tanto a nivel personal como profesional.

2.4.2. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto, es una técnica gráfica que ayuda a clasificar ciertos aspectos en una frecuencia en la que se dividen de los poco vitales y los muchos triviales, permitiendo de esta manera dar un orden a los datos más claro y conciso.

La importancia del Diagrama de Pareto se determina de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Permite dar un orden y priorizar lo más importante de lo menos relevante.
- Muestra gráficamente cuales son los problemas sin importancia frente a los que tiene un alto nivel de importancia (pocos vitales, muchos triviales), colocando en la gráfica “pocos que son vitales” a la izquierda y los “muchos triviales” a la derecha.
- Facilita el análisis de las fallas dentro de la industria o empresas en concreto.

El objetivo principal en el uso de este tipo de diagrama es el de establecer un orden de prioridades para la toma de decisiones que se llevan a cabo dentro de una organización, además de evaluar todas las fallas y errores existentes, con el fin de resolver o evitarlas.

Según el principio de Pareto “el 80% de los efectos son el producto del 20% de las causas” (Delers, 2014). Para entenderlo mejor, se establecen dos grupos de proporciones 80-20, en donde el grupo minoritario, forma parte del 20 % de población, mientras que el 80% del grupo viene a formar parte del grupo mayoritario.

2.4.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM tiene 5 metas claves que se deben cumplir para poder aplicar esta metodología satisfactoriamente.

1. Maximizar el OEE.
2. Aplicar un enfoque para todo el sistema aumentando la confiabilidad, factibilidad del mantenimiento y sus costos.
3. Hacer que tanto los operarios como la parte administrativa participen en el control de la maquinaria.
4. Involucrar a gerentes generales.
5. Mejorar el rendimiento de los trabajadores, así como su desempeño.

2.4.3.1. Pilares del TPM

Los pilares del TPM (Mantenimiento Productivo Total por sus siglas en inglés) establecen cinco pilares claves para realizar el mantenimiento dentro de una planta, los cuales se describen a continuación:

- **Mejoras enfocadas:** Fortalecer los parámetros de eficiencia de los equipos operativos y administrativos de la empresa.

- **Mantenimiento autónomo:** Se enfoca hacia la participación de los operativos en las actividades de mantenimiento como limpieza lubricación y análisis de fallas de los equipos utilizados en la empresa.
- **Mantenimiento planificado:** Se refiere al mantenimiento preventivo con la intencionalidad de fortalecer el funcionamiento de los equipos con el pasar del tiempo
- **Mantenimiento de calidad:** Se fundamenta en la realización del mantenimiento en los equipos utilizados generando cero defectos o fallas en cada uno de los procesos que intervengan.
- **Educación y entrenamiento:** Se refiere a la capacitación para mejorar el desarrollo de las competencias laborales considerando los objetivos de la metalmecánica creando una cultura organizacional de amplia participación.
- **Seguridad y medio ambiente:** Busca reducir el impacto ambiental durante el desarrollo de las actividades operativas de la organización.

Con respecto a los equipos, el TPM tiene como objetivo lograr cero paros, cero defectos y máximo rendimiento, para ello es necesario monitorear periódicamente y controlar las 6 grandes pérdidas las cuales son: Descomposturas, preparación y ajuste, trabajo en vacío y paros menores, reducción de velocidad, defectos y pérdidas de rendimiento.

2.4.3.2. Selección del pilar de mantenimiento

Para seleccionar el tipo de pilar de mantenimiento que se propone implementar en la metalmecánica se ha tomado en cuenta los siguientes factores que requieren ser analizados a continuación:

- **Tiempos perdidos:** Uno de los principales problemas que se generan al momento de utilizar las maquinas es la pérdida de tiempo, esto se genera principalmente por las secuencias de producción, cambios de herramental (troqueles), paros menores de línea e intervenciones de mantenimiento.

- **Perdidas de velocidad:** Este es otro factor que afecta a la producción de la empresa, y se genera debido a tiempo ocioso y paros menores, tiempo estándar de cambio de herramental, ajustes de operación, paros de línea y defectos de calidad.

La pérdida de velocidad de los maquinas está dado de acuerdo al tiempo ocioso que se generan durante su funcionamiento dentro de la jornada normal de trabajo, lo que a su vez dificulta el proceso de producción de la metalmecánica otorgando como resultado tiempos perdidos al interior del área operativa de la empresa.

Es por ello, que se ha decido utilizar el pilar de mantenimiento autónomo del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en la que se busca establecer una participación activa de sus colaboradores con el propósito de detectar fallas o defectos en la utilización de la maquinaria.

2.4.3.3. Etapas del mantenimiento autónomo

Para realizar el mantenimiento autónomo de los equipos y maquinarias resulta indispensable desarrollar seis etapas consecutivas que deberán aplicarse por parte de todos los colaboradores de la metalmecánica que utilicen maquinarias en sus actividades laborales:

Etapa 1. Limpieza inicial

Etapa 2. Acciones correctivas en la fuente

Etapa 3. Preparación de estándares de inspección

Etapa 4. Inspección general

Etapa 5. Inspección autónoma

Etapa 6. Estandarización

Etapa 7. Control autónomo pleno

2.4.4. Poka Yoke

Poka-Yoke es un término japonés creado por Shigeo Shingo que significa “A prueba de errores”, es una herramienta que principalmente se utiliza para evitar o eliminar las equivocaciones, logrando alcanzar los cero defectos, eliminando los controles de calidad.

Dentro de un entorno de trabajo muchas de las cosas pueden llegar a salir mal, ocasionando errores que a la larga éstos se transforman en defectos, que si no se logra hacer algo a tiempo frustran las expectativas del cliente sobre la calidad.

Esta herramienta tiene la convicción de no generar ningún producto defectuoso, por más pequeño que sea el artículo. (H. Hirano, 1987).

Este sistema garantiza la seguridad tanto de las maquinas como de los trabajadores y en los procesos para que estos presenten un producto final de alta calidad. Este sistema se introdujo en la década de 1960, por el ingeniero Shigeo Shingo, quien siempre estuvo pendiente en asegurar un producto de alta calidad, en el momento de que Shigeo Shingo se percató de que la principal causa de defectos en los productos era generada por errores humanos, se le ocurrió analizar cada proceso y crear procedimientos los cuales ayudaran a que el error se detectara antes de que este suceda. (Socconini, 2014). El ingeniero afirmaba que la causa principal de los errores se rige en los trabajadores y los defectos en las piezas fabricadas se producían por no corregir aquellos errores.

2.4.4.1. Ventajas de utilizar un sistema Poka-Yoke

- Se reduce el porcentaje de riesgo en aquellas actividades que se realizan a diario y repetidas veces o en las actividades donde se puedan generar errores humanos es decir fallas ocasionadas por los operarios mismo.
- El operario puede invertir su tiempo agregando valor al producto final en lugar de perder el tiempo comprobando la causa de algún error o la prevención del mismo.

- Mejora la calidad del producto, actuando sobre la causa principal del defecto, en lugar de tener que realizar correcciones, reparaciones y controles de calidad posteriores.
- Son soluciones simples, baratas y fáciles de implantar.

2.4.5. SMED

SMED es una herramienta lean que viene del acrónimo “Single Minute Exchange of Die”, que en español significa “Cambio de Matriz en Menos de 10 Minutos”. Esta herramienta tiene su origen debido a la necesidad de disminuir el tamaño de lote que pasaba por la prensa de estampación, buscando la forma de optimizar el tiempo del proceso y poder pasar de una matriz a otra más rápido. Con esto se logró al día de hoy poder reducir los tiempos de preparación de cualquier máquina.

En 1969 el Dr. Shigeo Shingo logro disminuir el tiempo de cambio de referencia en una prensa de 100 toneladas de 4 horas de preparación y cambio a 3 minutos, surgiendo de esta forma la frase de “menos de 10 minutos”.

Para poder entender de mejor manera el SMED y su funcionamiento es necesario tener claro ciertos términos tales como:

- **Tiempo de cambio:** Se refiere al tiempo desde que se fabrica la última pieza del lote hasta la primera pieza OK del lote siguiente, tomando en cuenta que durante el tiempo de cambio la máquina se encuentra parada.
- **Preparación:** Son las actividades que se realizan para el cambio de lote, todas estas preparaciones son tomadas como desperdicios o mudas, puesto que no agregan ningún tipo de valor para el cliente.
- **Actividades internas:** Actividades de la preparación que se realizan únicamente cuando la maquina se encuentra parada.
- **Actividades externas:** Actividades de la preparación que se realizan únicamente cuando la maquina se encuentra en marcha.

2.4.5.1 ¿Para qué sirve SMED?

Principalmente para reducir los tiempos de cambio logrando un incremento de la fiabilidad y velocidad del proceso de cambio, de esta forma reduciendo los defectos y averías en las maquinas.

Esta reducción de tiempos se puede aprovechar de 2 maneras distintas:

1. Ayuda a incrementar el OEE y por ende la productividad.
2. Ayuda a reducir el stock que existe de proceso a proceso, disminuyendo el tamaño de los lotes.

2.4.5.2 ¿Cómo funciona SMED?



Figura 5. Funcionamiento del SMED

Adaptado de: (Progressa Lean, 2019).

Para lograr que el SMED funcione correctamente se debe realizar los siguientes 7 pasos:

1. **Preparación previa:** En esta etapa se debe centrar en investigar la operación a la cual se va a disminuir el tiempo junto con datos históricos de tiempos de cambio.
2. **Analizar la actividad sobre la que se va a centrar el SMED:** Entender a profundidad cada una de las actividades a realizar durante el proceso de cambio de referencia.

3. **Separar las actividades internas en externas:** Se van identificando que actividades se realizan mientras la maquina esta parada o en marcha.
4. **Organizar las actividades internas en externas:** Se realiza una planificación con el objetivo de transformar las actividades internas en externas.
5. **Convertir las actividades internas en externas:** Se definirá un plan de acción el cual ayudará a cumplir con el objetivo anteriormente mencionado.
6. **Reducir los tiempos de las actividades internas:** En esta fase se deben idear mejoras para reducir tiempos de las actividades internas.
7. **Realizar el seguimiento:** Realizar seguimientos verificando si los cambios realizados están generando beneficios dentro de la organización.

2.4.6. Eficiencia General de los Equipos (OEE)

La Eficiencia General de los Equipos (OEE por sus siglas en inglés) nos da una visión más clara de lo que está pasando dentro de la empresa, así como las pérdidas que se están generando ya sean de disponibilidad de tiempo, de rendimiento de las maquinas o de la calidad de los productos.

Si la producción de productos OK tiene un porcentaje menor a la capacidad instalada, esta capacidad no está siendo usada para la fabricación de productos OK, sino todo lo contrario, lo que estaría generando pérdidas dentro de la empresa a nivel productivo.

A pesar de que las máquinas podrían tener un funcionamiento ideal, (máquina que funciona siempre que queremos, a la máxima velocidad y produciendo solo productos buenos a la primera). Esto no es así siempre se generará cierta cantidad de defectos y la máquina no podrá trabajar al 100%. Es por esto que el OEE permite identificar las pérdidas diferenciadas en los siguientes factores:

- **Disponibilidad:** Se refiere al tiempo en el que la máquina ha estado en funcionamiento respecto del tiempo que se desearía que la maquina esté funcionando.

- **Rendimiento:** El rendimiento se lo calcula basándose en el tiempo que haya estado funcionando la maquina o equipo, cuánto ha fabricado (piezas OK o piezas No OK) respecto de lo que tenía que haber fabricado si contáramos con un tiempo de ciclo ideal.
- **Calidad:** Este indicador se refiere a cuánto he fabricado OK es decir dentro de las especificaciones respecto del total de la producción realizada tomando en cuenta piezas OK y piezas No OK.

El OEE demuestra la efectividad con la que la maquina está trabajando, así como la calidad de los productos y la disponibilidad de tiempo con la que cuentan los trabajadores. La siguiente figura ilustra cómo se determina el OEE:

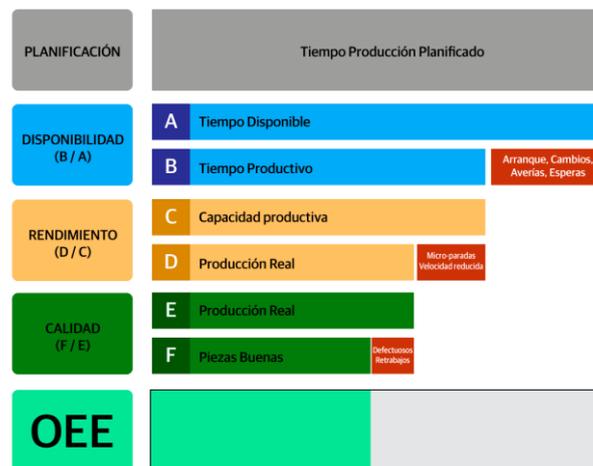


Figura 6. Cálculo el OEE

Adaptado de: (Sistemas OEE, 2019).

2.4.7. Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

Al implementarse el sistema AMEF (Análisis del Modo Efecto y Fallas) es posible determinar las principales fallas que ocasionan las piezas defectuosas durante los procesos de producción en la empresa metalmeccánica, por lo que AMEF se caracteriza por ser una herramienta de prevención al implementarse el Lean Manufacturing.

Entre los principales beneficios de la implementación de AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla)

- Identifica posibles fallas o desperfectos que pueden aparecer en los procesos o productos antes de que estos sucedan.
- Incrementar la calidad y confiabilidad de los productos/servicios, reduciendo los tiempos de desperdicios y retrabajos.
- Documenta los procesos y explica como poder llevarlos de una mejor manera.
- Aumenta tanto la satisfacción como la confiabilidad de los clientes.
- Mantiene el Know-How en la empresa.

A más de ello, se conocen que existen tres tipos AMEF los mismos que se dan a conocer en la siguiente figura:

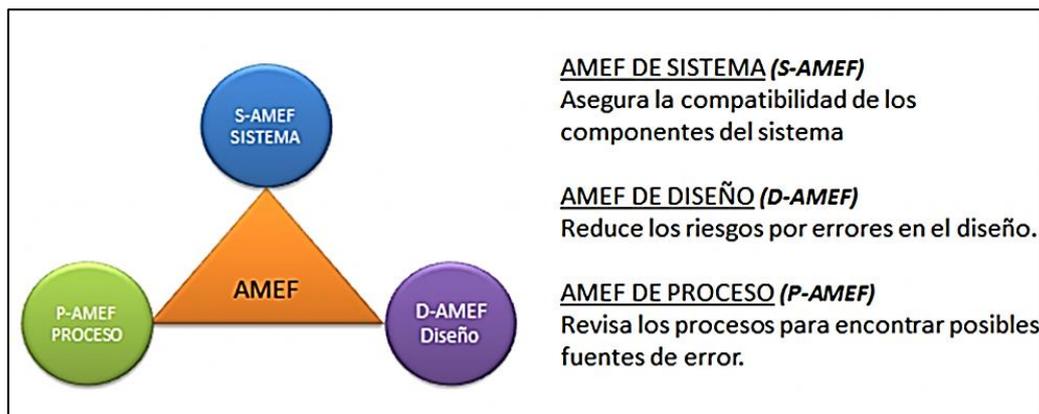


Figura 7. Tipos de AMEF

Adaptado de: (Lean Solutions, 2019)

2.4.7.1 Implementación Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

Para la implementación de la herramienta, se requiere del desarrollo de diversos pasos consecutivos los cuales requieren de un amplio desarrollo en los párrafos siguientes.

- **Paso 1. Identificar las piezas a analizar**

Con la finalidad de identificar las piezas defectuosas que más afectan los procesos de producción se utiliza el Diagrama de Pareto el cual es un instrumento con el que se posibilita determinar que el 20% de las causas se permitan solucionar el 80% de los problemas que se hayan generado en el área operativa.

- **Paso 2. Determinar los posibles modos de falla y sus efectos**

Luego que se ha identificado las piezas defectuosas a analizar y los respectivos flujogramas que conllevan al proceso de producción, se identifican las fallas y los efectos, las mismas que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7.

Fallas y efectos en los procesos

Proceso	Requerimiento	Modo potencial de falla	Efecto de la falla
Cortar bandas	Ancho de bandas especificado en las hojas de procesos	Ancho mayor	Desarrollo no ingresa en siguiente paso
		Ancho menor	Desarrollo no ingresa en siguiente paso
Embutido	Embutido sin fracturas visibles	Parte fracturada en el área del embutido	Debilitamiento de la parte
	Altura del embutido especificado en las hojas de procesos	Altura del embutido menor	La parte no se posiciona correctamente en el siguiente paso
Cortar desarrollo y perforar	Corte completo	Corte incompleto	Dificultad para posicionar la parte en el siguiente herramental
	Corte sin rebabas	Extremo de corte con rebabas perceptibles a la vista	Desarrollo no ingresa en guías del herramental

	Geometría de las perforaciones especificadas en las hojas de procesos	Perforaciones con golpes o desplazadas	La parte no se posiciona en el herramental del siguiente paso
	Numero de perforaciones especificado en plano CAD	Perforaciones faltantes	La parte no se posiciona en el siguiente paso
	Dimensiones de las perforaciones especificadas en las hojas de procesos	Perforaciones con dimensiones menores	Dificultad para posicionar la parte en el siguiente herramental

- **Paso 3. Asignar el grado de severidad, ocurrencia y detección**

Para evaluar cada una de las fallas y efectos encontrados del panel balde con y sin restricciones, resulta fundamental que se asignen los adecuadamente los correspondientes grados de severidad, ocurrencia y detección:

- **Severidad.** Se evalúa el efecto de la falla que causa sobre el cliente, utilizando una escala del 1 al 10 estableciendo consecuencias sin efecto y consecuencias graves respectivamente.
- **Ocurrencia.** Se relacionan las causas asociadas a cada una de las fallas por lo que se utilizando una escala del 1 al 10.
- **Detección.** Se evalúa de acuerdo al tipo de control que se tiene para detectar cada falla utilizando una escala del 1 al 10, de acuerdo a la capacidad de detección para fijar una calificación propia.

Tomando en cuenta la evaluación de cada uno de los grados de severidad, ocurrencia y detección se procede con la calificación para cada falla y efecto identificado de las piezas defectuosas del panel balde cono y sin restricciones que inciden en el proceso de producción del chasis.

2.4.7.2. Pasos para hacer un AMEF

1. Determine el producto o proceso a analizar.
2. Identificar los posibles modos de falla.
3. Analizar y listar los efectos de cada potencial modo de falla.
4. Señalar el grado de severidad dependiendo a que tan probable es que la falla ocurra.
5. Señalar el nivel del que el modo de falla ocurra.
6. Señalar el nivel en el que el modo de falla pueda ser detectado antes de que esta llegue al cliente.
7. Calcular el NPR (Numero Prioritario de Riesgo).

$$\text{NRP} = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{detección}.$$
8. Dar prioridad a los modos de falla.
9. Tomar las acciones necesarias que ayuden a reducir o eliminar el riesgo de que la falla ocurra.
10. Calcular nuevamente el NPR, esta vez revisando si el riesgo ha logrado disminuir o eliminarse.

Como siguiente paso se debe calcular el grado de severidad, para estimar este valor es necesario tomar en cuenta el efecto de la falla que causa sobre el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10 en donde “1” indica consecuencias sin efecto y “10” indica una consecuencia grave.

Tabla 8.

Grado de severidad

Ranking	Efecto	Criterio
10	Peligroso: Sin aviso	Puede poner en peligro al trabajador aumentando la probabilidad de accidentes. La falla ocurrirá sin aviso.
9	Peligroso: Con aviso	Puede poner en peligro al trabajador aumentando la probabilidad de accidentes. La falla ocurrirá con aviso

8	Muy alto	Interrupción a niveles mayores a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Cliente muy insatisfecho
7	Alto	Interrupción a niveles menores a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificado y sometido a un reproceso (menos al 100%), lo demás será desechado. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción a niveles menores a la línea de producción. Una porción menor al 100% probablemente deba ser desechada. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción a niveles menores a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea sometido a un reproceso. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy bajo	Interrupción a niveles menores a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una cantidad menor al 100% sometida a un reproceso. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción a niveles menores a la línea de producción. Una cantidad menor al 100% del producto deberá ser sometida a un reproceso en línea, pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy pequeño	Interrupción a niveles menores a la línea de producción. Una cantidad menor al

		100% del producto deberá ser sometida a un reproceso en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Tomado de: (Lean Solutions, 2019)

Luego se debe asignar el valor de ocurrencia de cada modo de falla a la probabilidad de que la falla ocurra.

Tabla 9.

Grado de Ocurrencia

Ranking	Ratas posibles de falla	Probabilidad de falla	Cpk
10	1 en 2	Muy alta	<0.33
9	1 en 3	Falla es casi inevitable.	0.33
8	1 en 8	Alta: Generalmente asociada con procesos similares a procesos previos.	0.51
7	1 en 20	Fallo frecuente.	0.67
6	1 en 80	Moderada: Generalmente asociada con procesos similares a procesos previos.	0.83
5	1 en 400	Han experimentado fallas.	1
4	1 en 2000	Ocasionales, pero no en proporciones significativas.	1.17
3	1 en 15000	Baja: Fallas asociadas únicamente con procesos semejantes.	1.33
2	1 en 150000	Muy baja: Solo fallas asociadas con	1.5

		procesos casi semejantes.	
1	1 en 1500000	Remota: Falla es imposible.	1.67

Tomado de: (Lean Solutions, 2019)

Finalmente se debe asignar el grado de detección de cada modo de falla de que la falla sea detectada antes de que el producto llegue al cliente, para esto se hará uso de la tabla 10. que se muestra a continuación con los rangos y criticidad que se deberá tomar en cuenta.

Tabla 10.

Grado de detección

Ranking	Detección	Criterio
10	Casi Imposible	Prueba detecta < 80% de fallas.
9	Muy remota	Prueba debe detectar 80% de fallas.
8	Remota	Prueba debe detectar 82.5% de fallas.
7	Muy baja	Prueba debe detectar 85% de fallas.
6	Baja	Prueba debe detectar 87.5 de fallas.
5	Moderada	Prueba debe detectar 90% de fallas.
4	Altamente moderada	Prueba debe detectar 92.5% de fallas.
3	Moderada	Prueba debe detectar 95% de fallas.
2	Muy alta	Prueba debe detectar 97.5% de fallas.
1	Casi seguro	Prueba debe detectar 99.5% de fallas.

Tomado de: (Lean Solutions, 2019)

Como paso final se debe calcular el NPR que se describe con la siguiente formula.

$$\mathbf{NPR = Severidad * Ocurrencia * Detección}$$

Este valor ayuda a establecer una jerarquía de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, dando la prioridad de a qué modo de falla se debe atacar primero.

Tabla 11.

Número Prioritario de Riesgo

500 – 1000	Alto riesgo de falla
125 – 499	Riesgo de falla medio
1 – 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

Tomado de: (Lean Solutions, 2019)

Una vez analizados estos valores se procede a tomar acciones para lograr eliminar el riesgo de modo de falla, estableciendo un plan de acción.

3. Capítulo III. Análisis de la Situación Actual

3.1. Proceso de producción

En la empresa metalmecánica, al interior de sus instalaciones se elaboran varios tipos de productos que buscan satisfacer la demanda en el sector automotriz, entre los cuales se encuentran la fabricación de estructura de asientos, chasis, parachoques, ensamblaje de motos y bicicletas, todos estos productos tienen procedimientos y actividades similares los cuales se describirán a continuación, tomando en cuenta también los materiales y equipos empleados por los trabajadores

3.2. Materiales y equipos utilizados

Para elaborar uno de los principales productos de la empresa como lo es la fabricación del chasis para vehículos, una de las materias primas más indispensables que se utilizan son las láminas de metal, las cuales son cortadas según se especifican en las hojas de procesos.

A más de ello, en la actualidad durante el proceso de elaboración de los chasis se utilizan diversas maquinarias en el área operativa de fabricación, entre las cuales están cizalla, prensas hidráulicas y neumáticas de diversas toneladas que varían entre 1500 a 200 toneladas, todos ellos se incluyen en las actividades consecutivas del proceso de elaboración.

3.3. Descripción de actividades

Entre las principales actividades que conforman el proceso de elaboración de chasis para vehículos, se encuentran las siguientes, que son especificadas en la tabla siguiente:

3.3.1 Etapas del proceso de elaboración de piezas del chasis

Tabla 12.

Etapas del proceso de elaboración del chasis

No.	ETAPAS	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA	MAQUINARIA
1	Cortado Bandas	Se colocan las bandas de metal en la cizalla y se las corta.	Cizalla
2	Corte Desarrollo	Se corta la pieza dándole la forma y se le realiza las perforaciones necesarias.	Prensa
3	Embutido	Se le da profundidad a la pieza.	Prensa
4	Doblado	Doblado del alma y las alas de la pieza.	Prensa
5	Ensamblado	Se ensambla las piezas.	Ensambladora
6	Pintado	Dar color deseado a la carrocería.	Manual

Para poder entender mejor como es la secuencia de las operaciones y las actividades realizadas, es necesario tomar en cuenta el diagrama de flujo tanto de la fabricación del chasis como de las motos y bicicletas, para tener más claro su proceso productivo.

3.3.2 SIPOC para la elaboración de chasis

A continuación, se muestra el SIPOC del proceso de elaboración del chasis, en el cual se identifica el proveedor, la materia prima que se utilizará, los respectivos procesos a los que son sometidos, sus salidas y el próximo cliente que se hará cargo del producto

Tabla 13.

SIPOC Proceso de elaboración de Chasis

		Caracterización de proceso		Código
NOMBRE DEL PROCESO: Proceso de elaboración de un chasis		DUEÑO DEL PROCESO: Jefe de Área		
OBJETIVO :	Identificar las etapas del proceso de elaboración del chasis	RESPONSABLE DE LA CARACTERIZACIÓN:	Jefe del Área	

PROVEEDOR	ENTRADA	PROCESO	SALIDA	CLIENTE
Aceral	Láminas de Metal	Cortar bandas	Chasis Finalizado	General Motors
		Cortar Desarrollo Y Perforar		
		Embutir		
		Doblar		
		Ensamblar		
		Pintar		

RECURSOS	CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS
Humano	Cartas de control incluidas en cada proceso	Informes del proceso	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.
Tecnológico			
Financiero			
Maquinaria			

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Incrementar la calidad en las piezas para la fabricación del chasis	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Semanalmente	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad

Una vez realizado el SIPOC para la fabricación el chasis como siguiente paso es realizar un diagrama de flujo en el cual se muestra los procesos, junto a las actividades que se deben llevar a cabo, además de los condicionamientos

pertinentes para que la calidad del producto sea la esperada obteniendo al final del proceso un producto aprobado y de alta calidad.

3.3.3. Diagrama de flujo del chasis

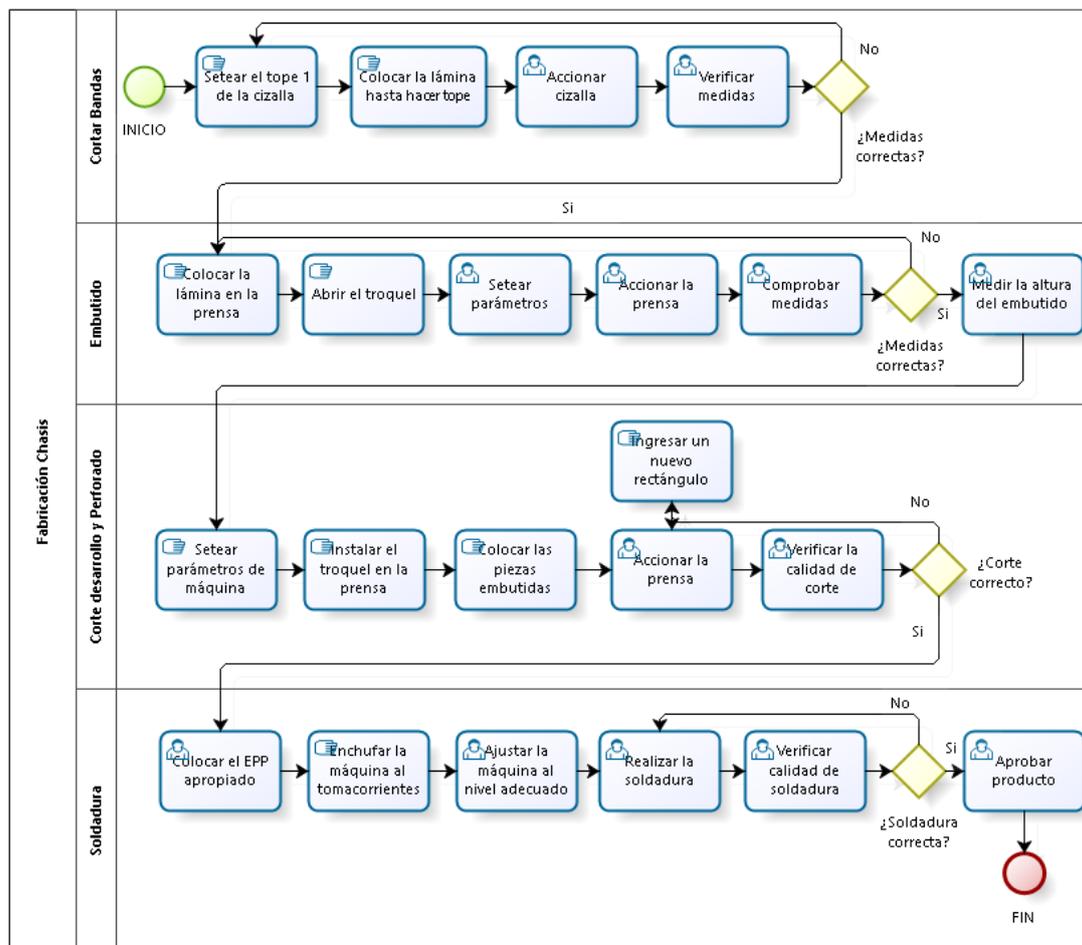


Figura 8. Diagrama de flujo del chasis

3.3.4. Piezas para la fabricación de chasis

Para entender más a fondo el proceso de fabricación del chasis es necesario identificar las piezas que conforman su fabricación. En la tabla 14 se nombran

todas aquellas piezas, así como las familias a las que pertenecen cada una de ellas.

Tabla 14.

Piezas para la fabricación de Chasis

	Familia	Nombre de la pieza
Piezas de Chasis	Bandeja Batería	Cuerpo central bandeja batería
		Oreja lateral
		Oreja de montaje
		Bracket montaje superior
		Bracket lateral
	Estructura Asiento	Soporte llanta de emergencia
		Tubo principal chevystar
		Bocín apoya cabeza
		Placa lateral LH/RH
		Tubo inferior
		Tubo superior
	Panel Cabina	Cantonera
		Piso CS
		Piso CD
		Refuerzo interno
	Panel Balde	Panel balde con perforaciones
		Panel balde sin perforaciones
		Panel interior
		Panel exterior
		Refuerzo triangular
	T-200	Bracket 1
		Bracket 2
		Bracket 3
		Bracket 4
		Bracket guantera
		Bracket central
		Bracket airbag
		Bracket velocímetro
		Barra T-200
		Bracket chevystar
J-III		Vincha central
	Vincha lateral	
	Bracket chevystar	

		Refuerzo superior LH/RH
	Rieles	Riel delantera interna LH/RH
		Riel delantera externa LH/RH
		Riel posterior interna LH/RH
		Riel posterior externa LH/RH

Una vez enlistadas las piezas que se utilizan para la elaboración del chasis, es importante identificar las piezas en donde se generan la mayor parte de los defectos, con la ayuda de un registro de producto no conforme demostrada en la tabla 15.

Tabla 15.

Registro de Producto no conforme

REGISTRO DE PRODUCTO NO CONFORME				
Referencia: Documento IATF 16949, Normas ISO				
Nombre de la parte/producto	Cantidad piezas defectuosas por lotes de 3000 piezas	OP/ Operación que genera el defecto	Defecto	Disposición final
Oreja de montaje	540	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Oreja de montaje	215	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Oreja de montaje	100	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Oreja de montaje	60	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Oreja de montaje	58	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Bracket montaje superior	99	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	120	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	132	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	29	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	95	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso

Bracket montaje superior	86	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	69	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	114	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	59	Perforado	Perforación desplazada	SCRAP
Panel de balde sin perforaciones	59	Perforado	Perforación faltante	SCRAP
Panel de balde sin perforación	199	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde sin perforaciones	101	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde sin perforaciones	94	Perforado	Perforación faltante	SCRAP
Panel de balde sin perforación	62	Perforado	Perforación faltante	SCRAP
Panel de balde con perforación	155	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde con perforaciones	92	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde con perforaciones	96	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde con perforación	131	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Riel posterior externa	60	Estampado	Rotura	Reproceso
Riel posterior externa	1	Estampado	Rotura	Reproceso
Riel posterior externa	23	Estampado	Fisura	SCRAP
Riel posterior externa	10	Embutido	Fisura	SCRAP
Riel posterior externa	26	Post perforado funcional	Fisura	Reproceso
Riel posterior externa	1	Perforado	Falta de material	Reproceso
Riel posterior externa	1	Perforado	Retal en la perforación	Reproceso
Riel posterior externa	1	Muecas	Retal en la perforación	Reproceso

Riel posterior externa	22	Perforado y contra muescas	Fisura	Reproceso
Riel posterior externa	24	Perforado y contra muescas	Fisura	Reproceso
Riel posterior externa	40	Estampado	Fisura	Reproceso
Riel posterior externa	2	Estampado	Proceso incompleto	SCRAP
Riel posterior externa	31	Estampado	Fisura	SCRAP
Riel posterior externa	1	Estampado	Proceso incompleto	Reproceso
Riel posterior externa	8	Combustible	Proceso incompleto	Reproceso
Riel posterior externa	12	Estampado	Perforación desplazada	Reproceso
Riel posterior externa	2	Estampado	Fuera de especificación	Reproceso
Riel posterior externa	5	Perforado	Rotura	SCRAP
Riel posterior externa	30	Estampado LH	Material rayado	Reproceso
Bracket 1	22	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Bracket 1	51	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Bracket 1	32	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Bracket 1	55	Perforado	Perforación deformada	Reproceso

3.4. Descripción del personal

En el área operativa de la empresa metalmecánica está conformada por 60 trabajadores en total entre los cuales se identifican a 35 colaboradores que se distribuyen para el departamento de fabricación mientras que los 25 colaboradores restantes corresponden al departamento de ensamblaje.

Dentro de una jornada normal de trabajo para el área operativa, el tiempo que se destina para el cumplimiento de las actividades laborales es de 9 horas diarias en las que se incluyen 30 minutos que se destinan al almuerzo para cada uno de

los colaboradores de la empresa, 10 minutos que son el plazo de llegada de los trabajadores al área de trabajo, 10 minutos de refrigerio y 10 minutos para pausas activas, dando un total de 8 horas disponibles al día.

La semana normal de labores es de 5 días de lunes a viernes excluyendo sábados y domingos, por lo que en total se obtendrían 21 días de trabajo en el mes.

Por consiguiente, este tipo de información se desglosa para el área operativa de fabricación en la siguiente tabla:

Tabla 16.

Información del área operativa

Descripción	Cifras
No. días de trabajo año comercial	360 Días
No. días en el mes comercial	30 Días
No. días fines de semana en el mes	9 Días
No. días de trabajo en el mes	21 Días
Jornada diaria de trabajo	8 Horas
No. de turnos en el día	1 Turno
Tiempo de descanso en minutos	60 Minutos
Tiempo de descanso en horas	1 Hora
Tiempo disponible para la producción por colaborador	8 Horas

Debido a que la organización produce y comercializa diversos tipos de productos, se ha decidido, junto con el Gerente Operativo desarrollar el análisis del proceso para la elaboración de los chasis, pues se conoce que existen un mayor número de fallas que requieren ser revisadas minuciosamente mediante la evaluación detallada de cada una de las actividades que conforman el proceso de producción utilizando las herramientas Lean Manufacturing.

A continuación, para poder priorizar y saber cuáles son los defectos más ocurrentes y en que piezas son en las que más se presentan dichos defectos se realizará un diagrama de Pareto utilizando los datos de la tabla 15.

3.5. Diagrama de Pareto por defectos

Este diagrama nos ayuda a categorizar los problemas y las situaciones para saber qué defectos debemos atacar puesto que si eliminamos el 20 % de las causas se solucionarían el 80% de los problemas. A continuación, se muestra una tabla priorizando los defectos que deben ser atacados dentro de la empresa.

Tabla 17.

Priorización por defectos

DEFECTOS	FRECUENCIA	% ACUMULADO	ACUMULADO DE PIEZAS DEFECTUOSAS
Exceso de rebabas	1015	27%	1015
Perforación desplazada	998	53%	2013
Perforación faltante	990	80%	3003
Fisuras	327	88%	3330
Perforación deformada	139	92%	3469
Golpes	92	94%	3561
Proceso incompleto	81	97%	3642
Falta material	57	98%	3699
Rotura	40	99%	3739
Otros	34	100%	3773

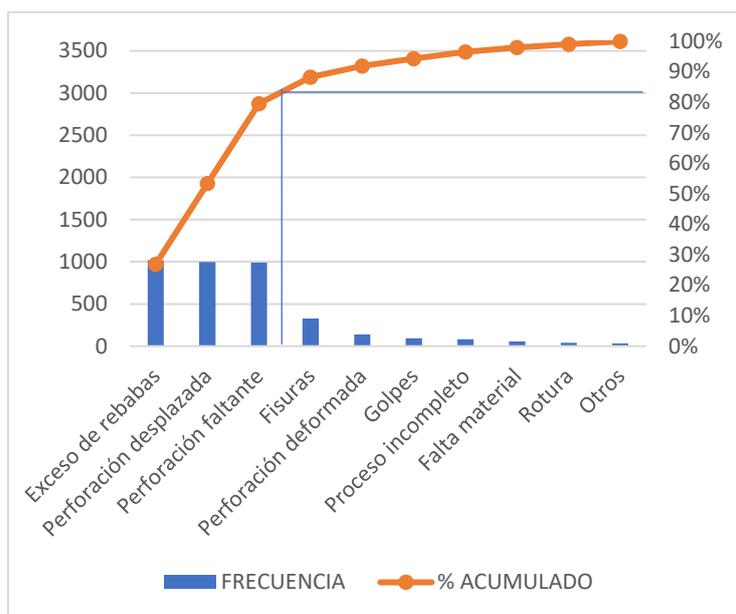


Figura 9. Diagrama de Pareto con respecto a los defectos

Según el diagrama, los defectos a ser atacados para eliminar el 80% de los problemas son los excesos de rebabas, las perforaciones desplazadas y perforaciones faltantes.

3.6. Diagrama de Pareto por piezas defectuosas

Tabla 18.

Priorización por pieza defectuosa

Piezas Defectuosas	Frecuencia	% Acumulado	Acumulado de Defectos
Oreja de montaje	973	30%	973
Bracket montaje superior	803	55%	1776
Panel balde sin perforaciones	515	71%	2291
Panel balde con perforaciones	474	86%	2765

Riel posterior externa	300	95%	3065
Bracket 1	160	100%	3225

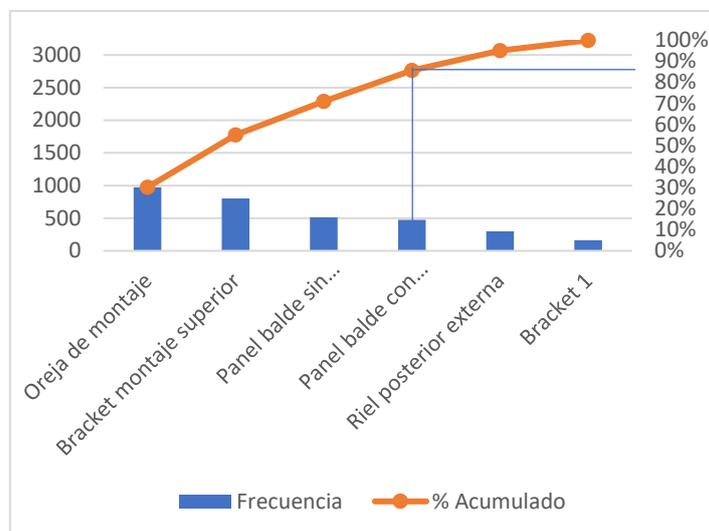


Figura 10. Diagrama de Pareto con respecto a las piezas defectuosas

Según el diagrama de Pareto las piezas que presentan más inconformidades basándonos con los defectos del diagrama anterior son las piezas oreja de montaje, bracket montaje superior, panel balde con perforaciones y panel balde sin perforaciones, con un total de 2765 piezas defectuosas de estas 3 categorías en los últimos 3 meses. Es por este motivo que en el presente estudio se analizará estas 4 piezas críticas.

3.7. SIPOC por proceso

A continuación, se detallará cada uno de ellos en relación a sus actividades con ayuda de un diagrama SIPOC el cual ayudara a entender quiénes son los proveedores de cada proceso, así como las entradas, actividades y salidas de los mismos teniendo una idea más clara del proceso de fabricación de cada una de las piezas anteriormente mencionadas.

3.7.1. SIPOC Oreja de montaje Proceso de Corte

Tabla 19.

SIPOC Oreja de montaje proceso de corte

NOMBRE DEL PROCESO: Proceso de elaboración de Oreja de montaje		DUEÑO DEL PROCESO: Jefe de Área	
OBJETIVO:	Identificar las etapas del proceso de elaboración de la oreja de montaje	RESPONSABLE DE LA CARACTERIZACIÓN:	Jefe del Área

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (CORTE)		SALIDA	CLIENTE
Aceral	Láminas de Metal	Setear parámetros de la máquina	Bandas cortadas	Proceso de Doblado	
		Instalar el troquel en la prensa			
		Colocar la banda encima del troquel			
		Accionar la prensa realizando el corte			
		Retirar pieza cortada			
		Verificar parámetros de calidad			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso	Informes del proceso	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Tecnológico					
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Incrementar la calidad en las piezas.	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Semanalmente	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad

3.7.2. SIPOC Oreja de montaje Proceso de Doblado

Tabla 20.

SIPOC Oreja de montaje proceso de doblado

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (DOBLADO)		SALIDA	CLIENTE
Proceso de corte	Bandas cortadas	Insertar el troquel en la prensa y setear los parámetros		Bandas dobladas	Almacén
		Colocar la pieza cortada en la matriz con ayuda de unas pinzas			
		Retirar la pieza verificando las medidas			
		Verificar parámetros de calidad			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso especificando el corte	Informes del proceso, hoja de proceso en donde se indica la hora de inicio, la hora de fin y el responsable de la operación	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Realizar corte que cumpla con las especificaciones de la carta de control	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Pro d. Real	Cada 2 días	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad y operador

3.7.3. SIPOC Oreja de montaje Proceso de Almacenamiento

Tabla 21.

SIPOC Oreja de montaje proceso de almacenado

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (ALMACENAMIENTO)		SALIDA	CLIENTE
Proceso de doblado	Bandas dobladas	Realizar las piezas dobladas		Piezas almacenadas	Almacén
		Transportar las piezas al almacén			
		Almacenar piezas hasta que se requiera su uso			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso	Informes del proceso, hoja de proceso en donde se indica la hora de inicio, la hora de fin y el responsable de la operación	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Realizar el doblado según las especificaciones de la carta de control	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Cada 2 días	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad

3.7.3.1 Diagrama de flujo Oreja de Montaje

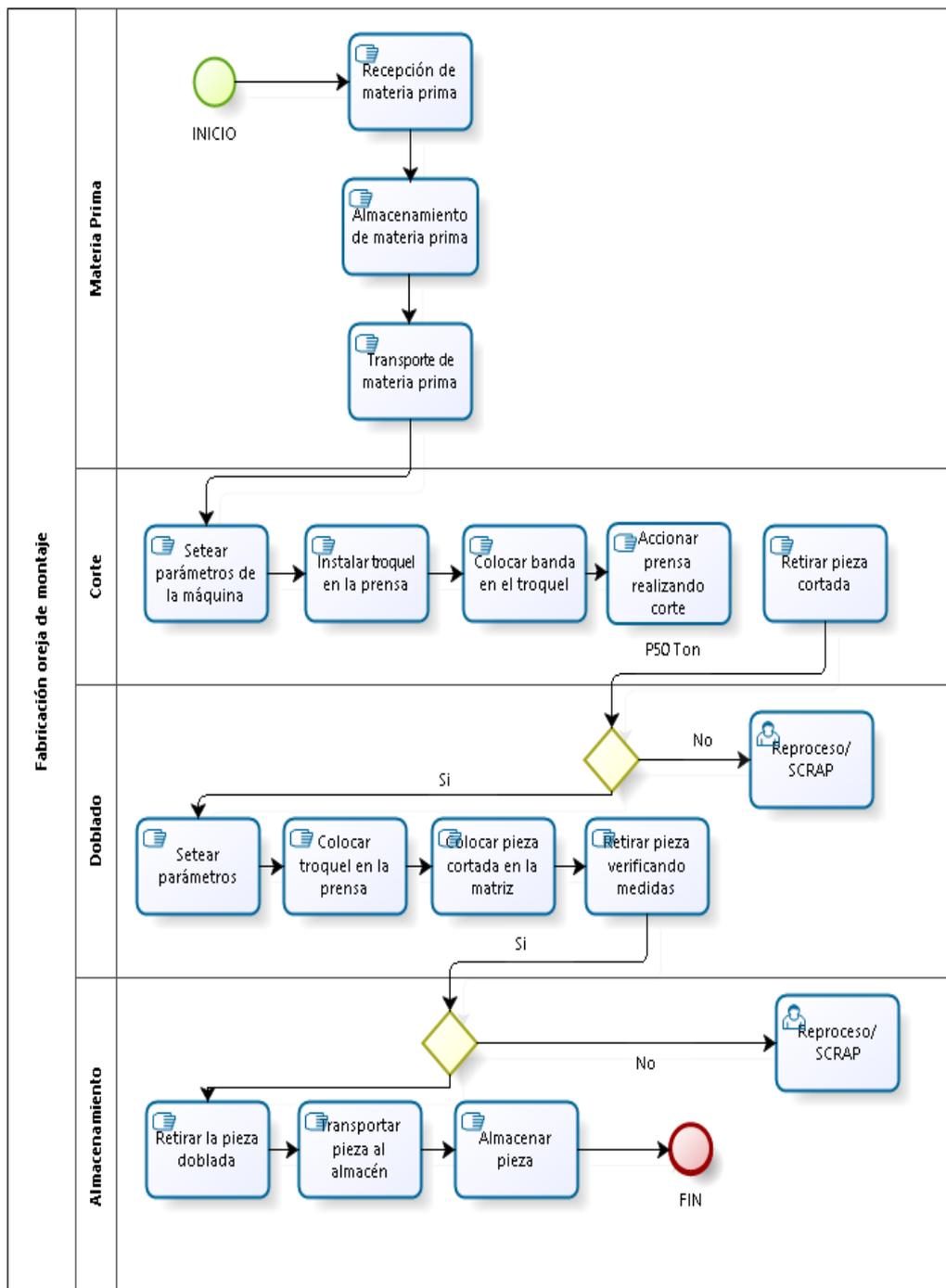


Figura 11. Diagrama de flujo Oreja de montaje

3.7.4. SIPOC Bracket Montaje Superior Proceso de Corte

Tabla 22.

SIPOC Bracket montaje superior proceso de corte.

NOMBRE DEL PROCESO: Proceso de elaboración de Bracket Montaje Superior		DUEÑO DEL PROCESO: Jefe de Área	
OBJETIVO :	Identificar las etapas del proceso de elaboración del Bracket Montaje Superior	RESPONSABLE DE LA CARACTERIZACIÓN:	Jefe del Área

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (CORTE)		SALIDA	CLIENTE
Aceral	Láminas de Metal	Colocar lámina en topes de cizalla, setear parámetros	Bandas cortadas	Proceso de Doblado	
		Colocar lámina en forma longitudinal en las guías de la cizalla hasta que choque con los topes			
		Accionar el pedal de la máquina para cortar la lámina			
		Verificar el ancho			
		Verificar parámetros de calidad			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso	Informes del proceso	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Tecnológico					
Maquinaria					
MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Incrementar la calidad en las piezas.	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Semanalmente	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad

3.7.5. SIPOC Bracket Montaje Superior Proceso de Doblado

Tabla 23.

SIPOC Bracket montaje superior proceso de doblado

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (DOBLADO)	SALIDA	CLIENTE
Proceso de corte	Bandas cortadas	Insertar el troquel en la prensa y setear los parámetros	Bandas dobladas	Almacén
		Colocar la pieza cortada en la matriz con ayuda de unas pinzas		
		Retirar la pieza verificando las medidas		
		Verificar parámetros de calidad		
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso especificando el corte	Informes del proceso, hoja de proceso en donde se indica la hora de inicio, la hora de fin y el responsable de la operación	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.
Maquinaria				

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Realizar corte que cumpla con las especificaciones de la carta de control	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Cada 2 días	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad y operador

3.7.6. SIPOC Bracket Montaje Superior Proceso de Almacenamiento

Tabla 24.

SIPOC Bracket montaje superior proceso de almacenado

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (ALMACENAMIENTO)		SALIDA	CLIENTE
Proceso de doblado	Bandas dobladas	Realizar las piezas dobladas		Piezas almacenadas	Almacén
		Transportar las piezas al almacén			
		Almacenar piezas hasta que se requiera su uso			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso	Informes del proceso, hoja de proceso en donde se indica la hora de inicio, la hora de fin y el responsable de la operación	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Realizar el doblado según las especificaciones de la carta de control	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Cada 2 días	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad

3.7.6.1 Diagrama de flujo Bracket Montaje Superior

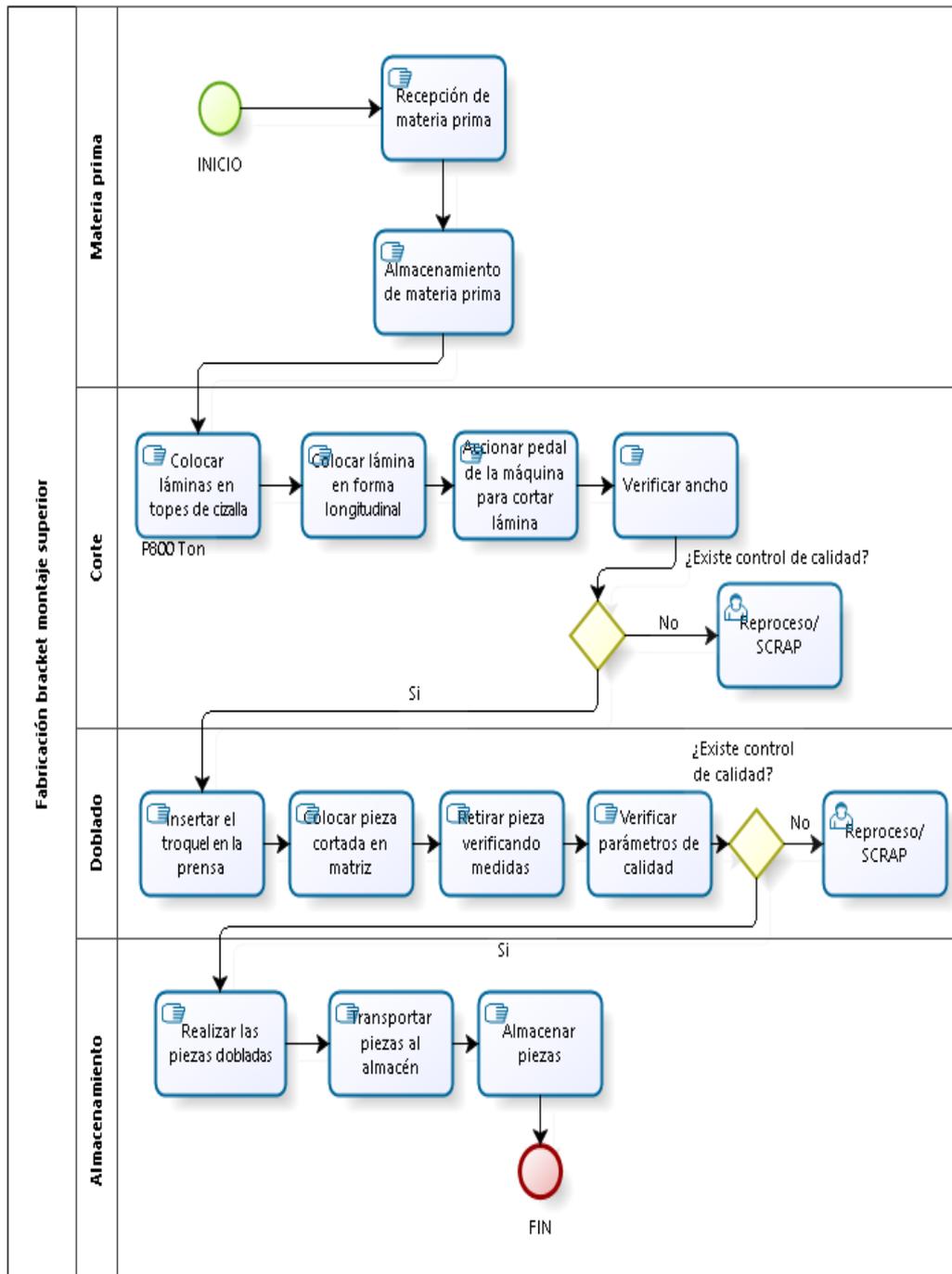


Figura 12. Diagrama de flujo Bracket montaje superior

3.7.7. SIPOC Panel Balde con Perforaciones Proceso de Corte

Tabla 25.

SIPOC Panel balde con perforaciones proceso de corte

NOMBRE DEL PROCESO: Proceso de elaboración de Panel balde con perforaciones		DUEÑO DEL PROCESO: Jefe de Área	
OBJETIVO :	Identificar las etapas del proceso de elaboración del Panel balde con perforaciones	RESPONSABLE DE LA CARACTERIZACIÓN:	Jefe del Área

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (CORTE)		SALIDA	CLIENTE
Aceral	Láminas de Metal	Colocar la lámina en el tope de la cizalla y setear parámetros		Bandas cortadas	Proceso de Doblado
		Colocar la lámina en forma longitudinal en las guías de la cizalla hasta que choque con los topes			
		Accionar el pedal de la máquina para cortar la lámina			
		Verificar el ancho			
		Verificar parámetros de calidad			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso	Informes del proceso	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Tecnológico					
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Incrementar la calidad en las piezas.	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Semanalmente	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad

3.7.8. SIPOC Panel Balde con Perforaciones Proceso de Embutido

Tabla 26.

SIPOC Panel balde con perforaciones proceso de embutido

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (EMBUTIDO)		SALIDA	CLIENTE
Proceso de corte	Bandas cortadas	Instalar troquel en la prensa y asegurar		Pieza Embutida	Proceso de Perforado
		Embanicar el troquel			
		Setear parámetros de trabajo			
		Colocar la lámina haciendo chocar con los pines de posición			
		Accionar prensa			
		Retirar la parte verificando parámetros de calidad			
		Medir la altura del embutido			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso especificando el corte	Informes del proceso, hoja de proceso en donde se indica la hora de inicio, la hora de fin y el responsable de la operación	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Realizar corte que cumpla con las especificaciones	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Cada 2 días	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad y operador

3.7.9. SIPOC Panel Balde con Perforaciones Proceso de Perforado

Tabla 27.

SIPOC Panel balde con perforaciones proceso de perforado

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (PERFORADO)		SALIDA	CLIENTE
Proceso de Embutido	Pieza Embutida	Setear parámetros de la máquina		Piezas perforadas	Almacén
		Instalar el troquel en la prensa			
		Verificar que los punzones estén colocados correctamente			
		Colocar la pieza embutida sobre la matriz de corte			
		Accionar la prensa			
		Retirar cortada y el exceso			
		Verificar parámetros de calidad			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso especificando profundidad de embutido	Informes del proceso, hoja de proceso en donde se indica la hora de inicio, la hora de fin y el responsable de la operación	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Realizar perforado que cumpla con las especificaciones	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Cada 2 días	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad y operador

3.7.10. SIPOC Panel Balde con Perforaciones Proceso de Almacenamiento

Tabla 28.

SIPOC Panel balde con perforaciones proceso almacenado

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (ALMACENAMIENTO)		SALIDA	CLIENTE
Proceso de Perforado	Piezas perforadas	Realizar las piezas dobladas		Piezas almacenadas	Almacén
		Transportar las piezas al almacén			
		Almacenar piezas hasta que se requiera su uso			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso especificando número de perforaciones	Informes del proceso, hoja de proceso en donde se indica la hora de inicio, la hora de fin y el responsable de la operación	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Almacenar las piezas adecuadamente en su respectivo lugar	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Producción Real	Cada 2 días	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad y operador

3.7.10.1 Diagrama de flujo Panel Balde con Perforaciones

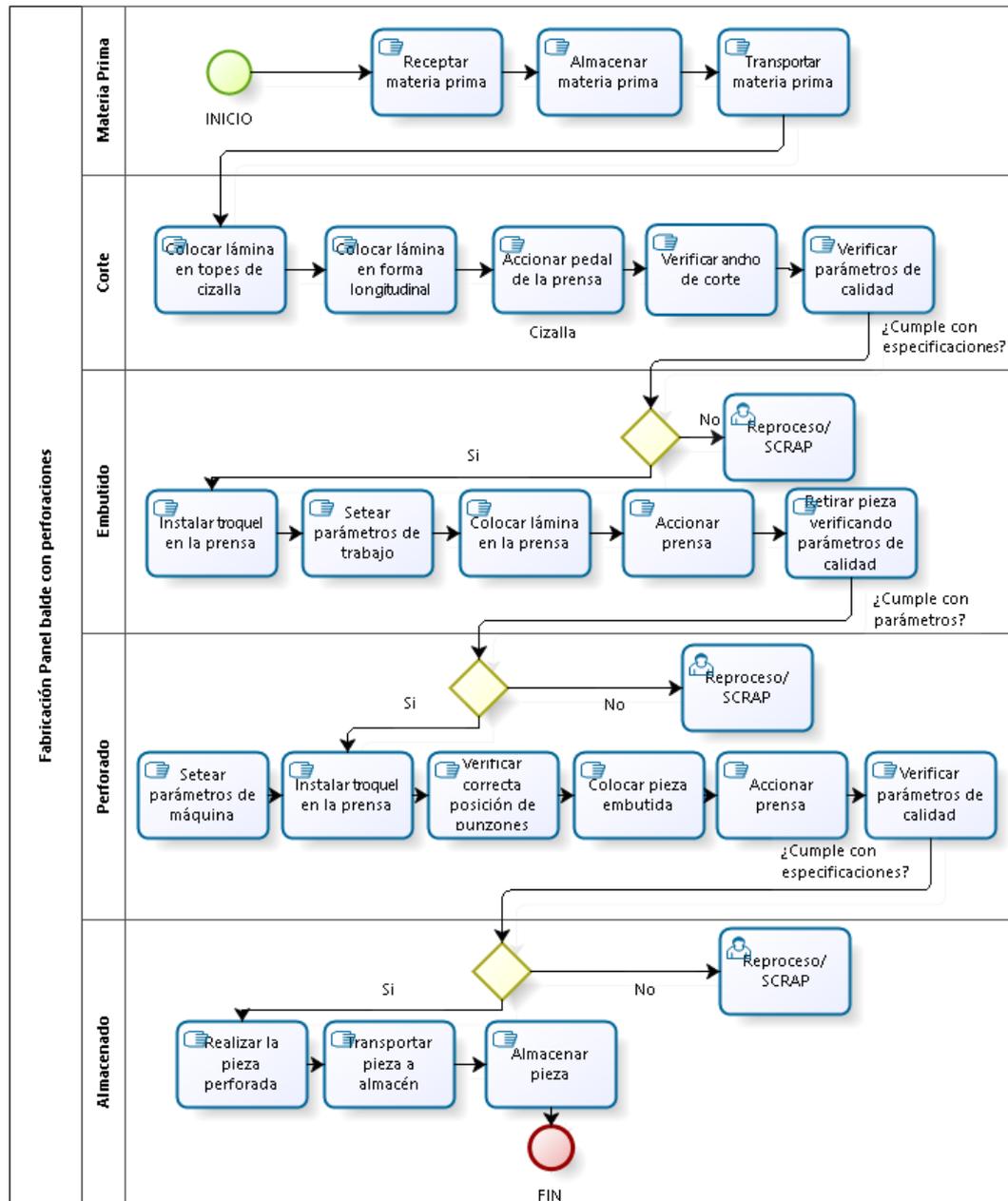


Figura 13. Diagrama de flujo Panel balde con perforaciones

3.7.11. SIPOC Panel Balde sin Perforaciones Proceso de Corte

Tabla 29.

SIPOC Panel balde sin perforaciones proceso de corte

NOMBRE DEL PROCESO: Proceso de elaboración de Panel balde sin perforaciones		DUEÑO DEL PROCESO: Jefe de Área	
OBJETIVO :	Identificar las etapas del proceso de elaboración del Panel balde con perforaciones	RESPONSABLE DE LA CARACTERIZACIÓN:	Jefe del Área

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (CORTE)		SALIDA	CLIENTE
Aceral	Láminas de Metal	Colocar la lámina en el tope de la cizalla y setear parámetros		Bandas cortadas	Proceso de Doblado
		Colocar la lámina en forma longitudinal en las guías de la cizalla hasta que choque con los topes			
		Accionar el pedal de la máquina para cortar la lámina			
		Verificar el ancho			
		Verificar parámetros de calidad			
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso	Informes del proceso	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Tecnológico					
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Incrementar la calidad en las piezas.	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Semanalmente	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad

3.7.12. SIPOC Panel Balde sin Perforaciones Proceso de Embutido

Tabla 30.

SIPOC Panel balde sin perforaciones proceso de embutido

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (EMBUTIDO)		SALIDA	CLIENTE
Proceso de corte	Bandas cortadas	Instalar troquel en la prensa y asegurar		Pieza Embutida	Proceso de almacenado
		Embancar el troquel			
		Setear parámetros de trabajo			
		Colocar la lámina haciendo chocar con los pines de posición			
		Accionar prensa			
		Retirar la parte verificando parámetros de calidad			
		Medir la altura del embutido			
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso especificando el corte	Informes del proceso, hoja de proceso en donde se indica la hora de inicio, la hora de fin y el responsable de la operación	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Realizar embutido que cumpla con las especificaciones	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Cada 2 días	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad y operador

3.7.13. SIPOC Panel Balde sin Perforaciones Proceso de Almacenamiento

Tabla 31.

SIPOC Panel balde sin perforaciones proceso almacenado

PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO (ALMACENAMIENTO)		SALIDA	CLIENTE
Proceso de Embutido	Piezas embutidas	Realizar las piezas dobladas		Piezas almacenadas	Almacén
		Transportar las piezas al almacén			
		Almacenar piezas hasta que se requiera su uso			
RECURSOS		CONTROL	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
Humano		Cartas de control incluidas en cada proceso especificando número de perforaciones	Informes del proceso, hoja de proceso en donde se indica la hora de inicio, la hora de fin y el responsable de la operación	Requisitos del producto que cumpla con las normas de calidad establecidas.	
Maquinaria					

MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
Almacenar las piezas adecuadamente en su respectivo lugar	Calidad	Calidad= Piezas buenas/Prod. Real	Cada 2 días	Calidad y Productividad	Gerente de Calidad y operador

3.7.13.1 Diagrama de flujo Panel Balde sin Perforaciones

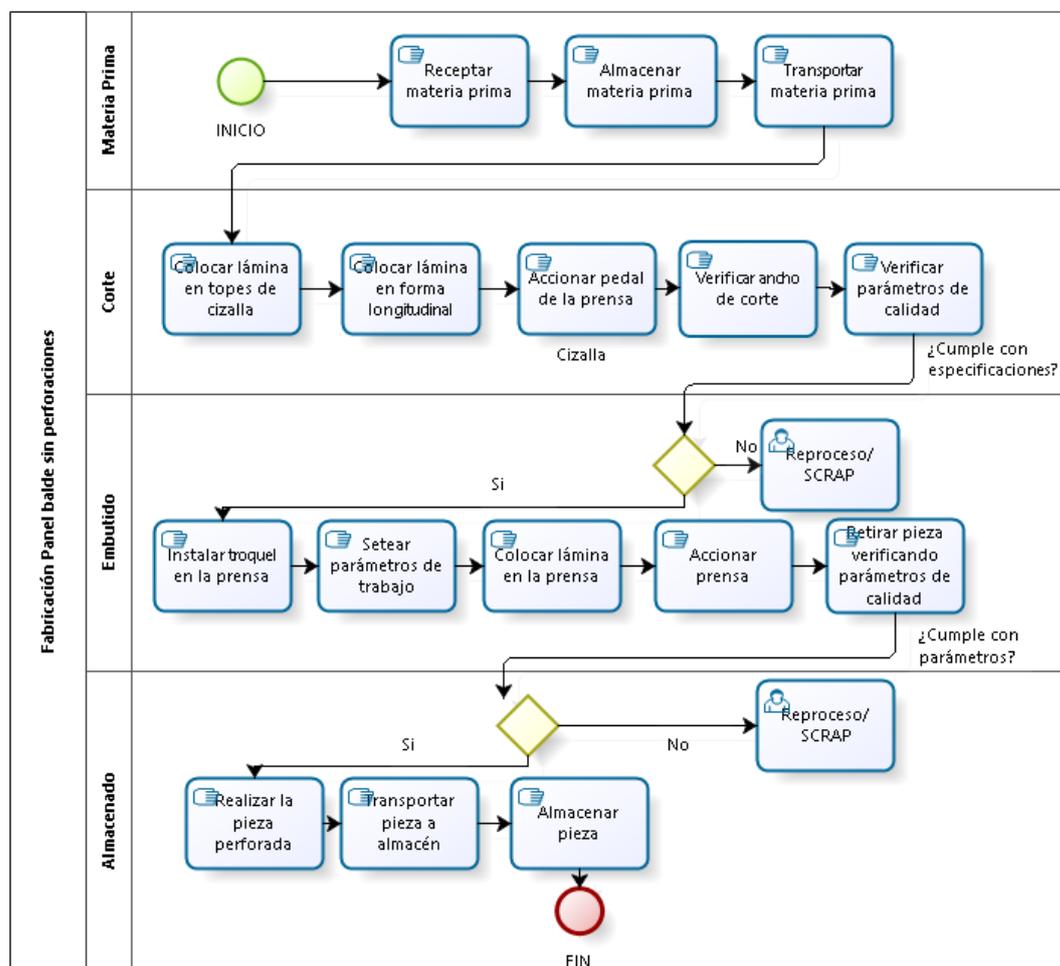


Figura 14. Diagrama de flujo Panel balde sin perforaciones.

3.8. Descripción general de la situación actual

En esta tabla 32. se describe el número de órdenes mensuales, es decir la cantidad de piezas que se deberán fabricar al mes, únicamente se tomarán en cuenta las piezas que presentaron mayor cantidad de defectos según el diagrama de Pareto demostrado anteriormente.

Tabla 32.

Producción mensual

PRODUCCIÓN MENSUAL 2019			
Mes	Oreja de montaje	Bracket montaje superior	Panel balde con/sin perforaciones
Enero	3 orden de 1000 piezas	3 orden de 1000 piezas	10 órdenes de 270 y 270 piezas
Febrero	3 orden de 1000 piezas	3 orden de 1000 piezas	10 órdenes de 270 y 270 piezas
Marzo	3 orden de 1000 piezas	3 orden de 1000 piezas	10 órdenes de 270 y 270 piezas

En resumen, se observa que de la pieza Oreja de montaje se producirán un total de 3000 piezas al mes, del bracket montaje superior un total de 3000 piezas, del panel balde con perforaciones 2700 piezas y finalmente del panel balde sin perforaciones igualmente una cantidad de 2700 piezas.

3.9. Cálculo del OEE

La principal herramienta que se utiliza para la evaluación de los procesos productivos es OEE (Eficacia Global de Equipos Productivos en español), con la cual es posible medir la eficacia para lograr o alcanzar la productividad dentro del proceso de elaboración de chasis de vehículos como uno de los principales productos de la empresa metalmeccánica.

Previo a la implementación del OEE, resulta necesario establecer los rangos de medición que están dados entre el 0% al 100%, determinando así desde una deficiente hasta una excelente valoración, por lo que este tipo de parámetros se describen en la tabla siguiente:

Tabla 33.

Rango de valoración del OEE

OEE	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
0% - 64%	Deficiente (Inaceptable).	Se presentan problemas económicos visibles. El nivel de competitividad es bajo.
65% - 74%	Regular.	Se presentan problemas económicos. Es aceptable si se encuentra en proceso de realizar una mejora.
75% - 84%	Aceptable.	Se debe continuar con la implementación de la mejora hasta lograr mejores resultados. Problemas económicos leves. Existe un nivel de competitividad ligeramente bajo.
85% - 94%	Buena.	Entra en valores de Clase Mundial. Niveles buenos de competitividad.
95% - 100%	Excelente.	Valores de Clase Mundial. Niveles altos de competitividad.

Adaptado de: (Sistemas OEE, 2019)

Por lo tanto, para determinar el resultado del OEE (Eficacia Global de Equipos Productivos) resulta fundamental establecer el tiempo total disponible y el número de unidades que se fabrican durante cada hora de producción para posteriormente cuantificarlas de forma diaria.

se reconoce que en la empresa metalmecánica no se utiliza el 100% del tiempo total disponible, ya que suelen existir retrasos durante el proceso de producción debido averías en las maquinarias, deficiencias en el personal durante el manejo de los equipos lo que otorga como resultado diversos productos defectuosos, los mismos que requieren ser cuantificados para evaluar el nivel de eficiencia en la producción de chasis:

Para el cálculo del OEE (Eficacia Global de Equipos Productivos), se requiere realizar la medición de las pérdidas por disponibilidad, por rendimiento y por calidad, cuya información se especifica en las siguientes tablas:

- **Disponibilidad de tiempo:**

Para identificar la disponibilidad de tiempo primero hay que tomar en cuenta que la empresa trabaja 9 horas al día, de estas horas hay que restarle los paros programados que existen dentro de la empresa que sería el plazo de llegada, las pausas activas, el refrigerio y el almuerzo, todas estas actividades juntas restan un total de 60 minutos, dándonos un tiempo disponible total de 8 horas o 480 minutos

Tabla 34.

Paras Programadas

PAROS PROGRAMADOS	
ACTIVIDADES	MIN
PLAZO DE LLEGADA	10
PAUSAS ACTIVAS	10
REFRIGERIO	10
ALMUERZO	30
TOTAL	60

Una vez calculadas las paras programadas se procede a calcular las paras no programadas, estas paras como su nombre lo indica no son planificadas previamente por lo que este tiempo perdido afecta al tiempo disponible total calculado anteriormente de 480 minutos.

Estos paros no programados pueden incluir paros por mantenimiento de las maquinas, búsqueda del herramental o troqueles, el montaje y desmontaje de los mismos con ayuda del montacargas o el puente grúa, la calidad del producto y la búsqueda de la materia prima.

Luego de identificar las paras programadas y no programadas se calculará la disponibilidad de tiempo que se tiene cuantitativamente utilizando la fórmula:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\textit{Tiempo Operativo}}{\textit{Tiempo Total (h)}}$$

- **Rendimiento:**

Para el cálculo del rendimiento hay que tomar en cuenta ciertos factores que serán de utilidad para su correcto análisis:

El primer dato importante a identificar es el valor nominal, este valor nos ayuda a entender cuántas piezas o unidades están siendo fabricadas por minuto.

Los siguientes valores que serán necesarios para el cálculo del rendimiento es el valor teórico de unidades producidas al mes versus el valor real de unidades producidas en ese mismo mes.

Ya con todos estos datos calculados se procede a utilizar la siguiente formula:

$$RENDIMIENTO = \frac{\frac{\textit{Total piezas fabricadas (Mes)}}{\textit{Tiempo Operativo (min)}}}{\textit{Piezas fabricadas por minuto}}$$

- **Calidad:**

Finalmente, para el cálculo de la calidad se debe contabilizar el total de piezas fabricadas, y dicho valor restarle el número de piezas en las que se identificó algún tipo de defecto, para que luego este valor sea dividido por el total de piezas fabricadas.

$$CALIDAD = \frac{\textit{Total piezas fabricadas} - \textit{Piezas NoOK}}{\textit{Total piezas fabricadas}}$$

3.9.1 OEE Prensa 1500 Toneladas

Paros programados: Como se puede observar en la tabla, el tiempo operativo total que es de 540 minutos se le debe restar el valor de 60 minutos dando un resultado de 480 minutos total al día.

Tabla 35.

Paras Programadas prensa 1500 Toneladas

PAROS PROGRAMADOS	
ACTIVIDADES	MIN
PLAZO DE LLEGADA	10
PAUSAS ACTIVAS	10
REFRIGERIO	10
ALMUERZO	30
TOTAL	60

Paros no programados: Se deben identificar las paras no programadas desde el mes de enero hasta el mes de marzo para luego hacer un análisis de estos datos, el valor total de los paros no programados se dará en un valor de horas.

Tabla 36.

Paras no programadas prensas 1500 TN mes de enero

PAROS NO PROGRAMADOS					
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE ENERO			
		ATENCIÓN(MIN)	SOLUCIÓN (MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1500 TN	MANTENIMIENTO	71	111,09	182,09	3,03
	HERRAMENTAL	39,87	279,75	319,62	5,33
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	310,42	485,15	795,57	13,26
	CALIDAD	293,27	0,68	293,95	4,90
	MATERIA PRIMA			0	0,00
SUBTOTAL		714,56	876,67	1591,23	26,5

Paras no programadas mes de Enero

En el mes de Enero se observa que hubo un total de 26.5 horas de paros no programados.

Tabla 37.

Paras no programadas prensas 1500 TN mes de febrero

PAROS NO PROGRAMADOS					
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE FEBRERO			
		ATENCIÓN(MIN)	SOLUCIÓN(MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1500 TN	MANTENIMIENTO	10,15	72,17	82,32	1,37
	HERRAMENTAL	53,16	177,32	230,48	3,84
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	252,25	427,72	679,97	11,33
	CALIDAD	56,88	0,33	57,21	0,95
	MATERIA PRIMA	7,22	9,07	16,29	0,27
SUBTOTAL		379,66	686,61	1066,27	17,8

Paras no programadas mes de Febrero

En el mes de Febrero se observa que hubo un total de 17.8 horas de paros no programados.

Tabla 38.

Paras no programadas prensas 1500 TN mes de marzo

PAROS NO PROGRAMADOS					
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE MARZO			
		ATENCIÓN(MIN)	SOLUCIÓN(MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1500 TN	MANTENIMIENTO	38,12	72,29	110,41	1,84
	HERRAMENTAL	92,74	258,28	351,02	5,85
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	162,8	451,28	614,08	10,23
	CALIDAD	0	0	0	0,00
	MATERIA PRIMA	0	0	0	0,00
SUBTOTAL		293,66	781,85	1075,51	17,9

Paras no programadas mes de Marzo

En el mes de Marzo se observa que hubo un total de 17.9 horas de paros no programados

Una vez identificadas las para programadas (pp) y las paras no programadas (pnp) el siguiente paso es calcular la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

Disponibilidad: para el calculo de la disponibilidad se debe utilizar la siguiente formula:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Total (h)}}$$

Tiempo total: Para calcular el tiempo operativo es importante saber que los días laborables de cada mes fueron de 21 días, los cuales multiplicados por las 8 horas diarias de trabajo dan un total de 168 horas laborables al mes.

Tiempo operativo: Este tiempo resulta de la resta de el tiempo de paras programadas y paras no programadas, dando un total de 141,5 horas operativas en el mes de enero, 150,2 en el mes de Febrero y 150,1 en el mes de Marzo.

Finalmente para calcular la disponibilidad se debe dividir el tiempo operativo con el tiempo disponible total al mes.

Tabla 39.

Tiempo operativo prensa 1500 TN

	Mes	tiempo total h	tiempo operativo
PRENSA 1500 TN	Enero	168	141,5
	Febrero	168	150,2
	Marzo	168	150,1

$$DISPONIBILIDAD (\text{Mes de Enero}) = \frac{141.5}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD (\text{Mes de Enero}) = 84\%$$

$$DISPONIBILIDAD (\text{Mes de Febrero}) = \frac{150.2}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD (\text{Mes de Febrero}) = 89\%$$

$$DISPONIBILIDAD (\text{Mes de Marzo}) = \frac{150.1}{168}$$

$$\mathbf{DISPONIBILIDAD (Mes de Marzo) = 89\%}$$

Rendimiento: Una vez calculada la disponibilidad, como paso siguiente es calcular el rendimiento de las máquinas con ayuda de la fórmula:

$$\mathbf{RENDIMIENTO (Maquina 1500 Ton) = \frac{Producción Real}{Capacidad Productiva}}$$

El rendimiento de la máquina será el mismo para el mes de Enero, Febrero y Marzo.

Capacidad Productiva: Se refiere a la cantidad de piezas que la máquina debería producir por minuto, en el caso de la máquina de 1500 toneladas su capacidad productiva teórica por minuto es de 1 u/min, es decir 180 piezas al día y 3500 piezas al mes. Tomando en cuenta que el tiempo que se emplea para producir esta pieza es de 2 horas.

Producción real: Es la cantidad real de piezas que se produce por minuto, tomando en cuenta las fallas y mantenimientos de la máquina, identificando una media de 1 u/min, es decir 143 piezas al día y 3000 piezas al mes, tomando en cuenta el tiempo que se pierde por paradas no programadas y mantenimientos, es por esta razón que a pesar de que se produzca 1 u/min no se llega a fabricar las 3500 piezas que la máquina es capaz de producir.

$$\mathbf{RENDIMIENTO (Máquina 1500 Ton) = \frac{3000 \text{ u/mes}}{3500 \text{ u/mes}}}$$

$$\mathbf{RENDIMIENTO (Máquina 1500 Ton) = 85\%}$$

Calidad: Finalmente se realiza el cálculo de la calidad utilizando la siguiente fórmula:

$$CALIDAD = \frac{\text{Total piezas fabricadas} - \text{Piezas NoOK}}{\text{Total piezas fabricadas}}$$

$$CALIDAD (\text{Oreja de Montaje}) = \frac{3000 - 973}{3000}$$

$$CALIDAD (\text{Oreja de Montaje}) = \frac{2027}{3000}$$

$$CALIDAD (\text{Oreja de Montaje}) = 67\%$$

OEE: Ya calculada la disponibilidad, rendimiento y calidad se procede a calcular el OEE el cual sirve para calcular la eficacia de la productividad dentro de la empresa, con la siguiente fórmula:

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Tabla 40.

Cálculo del OEE prensa 1500 TN situación actual

	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
OEE Prensa 1500 TN	87%	85%	67%	50%

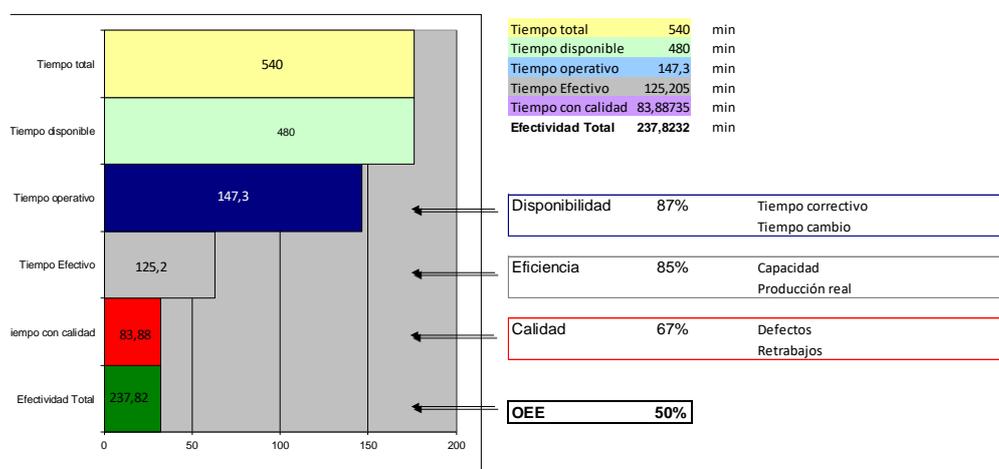


Figura 15. Cálculo del OEE situación actual prensa 1500 TN

Al final se obtiene un OEE del 50% en la prensa de 1500 toneladas, valor que representa una deficiencia dentro de los rangos de valores del OEE, presentando problemas económicos y un nivel bajo de competitividad, llegando a ser este un valor inaceptable.

3.9.2 OEE Prensa 1000 Toneladas

Paras programadas:

Tabla 41.

Paras programadas, prensa 1000 TN

PAROS PROGRAMADOS	
ACTIVIDADES	MIN
PLAZO DE LLEGADA	10
PAUSAS ACTIVAS	10
REFRIGERIO	10
ALMUERZO	30
TOTAL	60

Paras no programadas:

Tabla 42.

Paras no programadas, prensa 1000 TN mes de enero

PAROS NO PROGRAMADOS					
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE ENERO			
		ATENCIÓN(MIN)	SOLUCIÓN (MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1000 TN	MANTENIMIENTO	17,82	638,28	656,1	10,94
	HERRAMENTAL	51,32	380,8	432,12	7,20
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	260,08	231,87	491,95	8,20
	CALIDAD	142,63	0,22	142,85	2,38
	MATERIA PRIMA	20,37	17,85	38,22	0,64
SUBTOTAL		492,22	1269,0	1761,2	29,4

Paras no programadas mes de Enero

En el mes de Enero se observa que hubo un total de 29.4 horas de paros no programados.

Tabla 43.

Paras no programadas, prensa 1000 TN mes de febrero

PAROS NO PROGRAMADOS					
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE FEBRERO			
		ATENCIÓN(MIN)	SOLUCIÓN (MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1000 TN	MANTENIMIENTO	12,62	120,95	133,57	2,23
	HERRAMENTAL	79,42	352,61	432,03	7,20
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	263,61	1406,29	1669,9	27,83
	CALIDAD	0	0	0	0,00
	MATERIA PRIMA	8,76	27,02	35,78	0,60
SUBTOTAL		364,41	1906,9	2271,3	37,9

Paras no programadas mes de Febrero

En el mes de Febrero se observa que hubo un total de 37.9 horas de paros no programados.

Tabla 44.

Paras no programadas, prensa 1000 TN mes de marzo

PAROS NO PROGRAMADOS					
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE MARZO			
		ATENCIÓN(MIN)	SOLUCIÓN (MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1000 TN	MANTENIMIENTO	23,47	41,29	64,76	1,08
	HERRAMENTAL	43,24	288,78	332,02	5,53
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	155,17	282,12	437,29	7,29
	CALIDAD	0	0	0	0,00
	MATERIA PRIMA	28,75	0,23	28,98	0,48
SUBTOTAL		250,63	612,4	863,1	14,4

Paras no programadas mes de Marzo

En el mes de Marzo se observa que hubo un total de 14.4 horas de paros no programados

Disponibilidad:

Tiempo total: Para calcular el tiempo operativo es importante saber que los días laborables de cada mes fueron de 21 días, los cuales multiplicados por las 8 horas diarias de trabajo dan un total de 168 horas laborables al mes.

Tiempo operativo: Este tiempo resulta de la resta de el tiempo de paras programadas y paras no programadas, dando un total de 138,6 horas operativas en el mes de enero, 130,1 en el mes de Febrero y 153,6 en el mes de Marzo.

Finalmente para calcular la disponibilidad se debe dividir el tiempo operativo con el tiempo disponible total al mes

Tabla 45.

Tiempo operativo prensa 1000 TN

PRENSA 1000 TN	Mes	Tiempo total h	Tiempo operativo
	Enero	168	138,6
	Febrero	168	130,1
	Marzo	168	153,6

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = \frac{138,6}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = 82\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = \frac{130,1}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = 77\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Marzo)} = \frac{153,6}{168}$$

$$\mathbf{DISPONIBILIDAD (Mes de Marzo) = 91\%}$$

Rendimiento: El rendimiento de la máquina sera el mismo para el mes de Enero, Febrero y Marzo.

$$\mathbf{RENDIMIENTO (Máquina 1500 Ton) = \frac{Producción Real}{Capacidad Productiva}}$$

Capacidad Productiva: Se refiere a la cantidad de piezas que la máquina debería producir por minuto, en el caso de la maquina de 1000 toneladas su capacidad productiva teórica por minuto es de 1 u/min, es decir 180 piezas al día y 3500 piezas al mes. Tomando en cuenta que el tiempo que se emplea para producir esta pieza es de 2 horas.

Producción real: Es la cantidad real de piezas que se produce por minuto, tomando en cuenta las fallas y mantenimientos de la maquina, identificando una media de 1 u/min, es decir 143 piezas al día y 3000 piezas al mes, tomando en cuenta el tiempo que se pierde por paras no programadas y mantenimientos, es por esta razon que a pesar de que se produzca 1 u/min no se llega a fabricar las 3500 piezas que la máquina es capaz de producir.

$$\mathbf{RENDIMIENTO (Máquina 1000 Ton) = \frac{3000 u/mes}{3500 u/mes}}$$

$$\mathbf{RENDIMIENTO (Máquina 1000 Ton) = 85\%}$$

Calidad: Finalmente se realiza el cálculo de la calidad utilizando la siguiente formula:

$$CALIDAD = \frac{\text{Total piezas fabricadas} - \text{Piezas NoOK}}{\text{Total piezas fabricadas}}$$

$$CALIDAD (\text{Bracket montaje superior}) = \frac{3000 - 803}{3000}$$

$$CALIDAD (\text{Bracket montaje superior}) = \frac{2197}{3000}$$

$$CALIDAD (\text{Bracket montaje superior}) = 73\%$$

OEE: Ya calculada la disponibilidad, rendimiento y calidad se procede a calcular el OEE el cual sirve para calcular la eficacia de la productividad dentro de la empresa, con la siguiente fórmula:

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Cálculo del OEE:

Tabla 46.

Cálculo del OEE prensa 1000 TN situación actual

	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
OEE Prensa 1000 TN	83%	85%	73%	51%

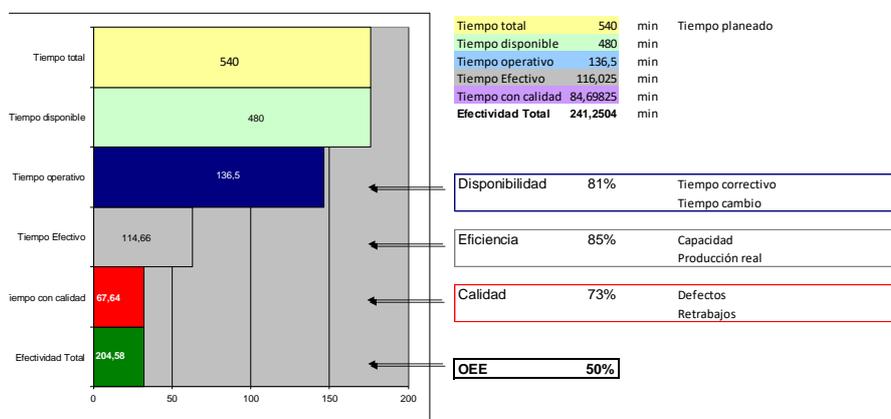


Figura 16. Cálculo del OEE situación actual prensa 1000 TN

Se obtiene un OEE del 51% en la prensa de 1000 toneladas, valor que representa una deficiencia dentro de los rangos de valores del OEE, presentando problemas económicos y un nivel bajo de competitividad, llegando a ser este un valor inaceptable

3.9.3 OEE Prensa 50 Toneladas

Paras programadas:

Tabla 47.

Paras programadas, prensa 50 TN

PAROS PROGRAMADOS	
ACTIVIDADES	MIN
PLAZO DE LLEGADA	10
PAUSAS ACTIVAS	10
REFRIGERIO	10
ALMUERZO	30
TOTAL	60

Paras no programadas:

Tabla 48.

Paras no programadas, prensa 50 TN mes de enero

PAROS NO PROGRAMADOS					
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE ENERO			
		ATENCIÓN (MIN)	SOLUCIÓN (MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 50 TN	MANTENIMIENTO	24,25	601,19	625,44	10,42
	HERRAMENTAL	0	0	0	0,00
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	162,26	333,62	495,88	8,26
	CALIDAD	233,4	4,15	237,55	3,96
	MATERIA PRIMA	0	0	0	0,00
SUBTOTAL		419,91	938,96	1358,87	22,65

Paras no programadas mes de Enero

En el mes de Enero se observa que hubo un total de 22.65 horas de paros no programados

Tabla 49.

Paras no programadas, prensa 50 TN mes de febrero

PAROS NO PROGRAMADOS					
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE FEBRERO			
		ATENCIÓN(MIN)	SOLUCIÓN(MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 50 TN	MANTENIMIENTO	15,81	196,6	212,41	3,54
	HERRAMENTAL	6,17	20,5	26,67	0,44
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	30,94	22,52	53,46	0,89
	CALIDAD	68,38	9,25	77,63	1,29
	MATERIA PRIMA	0	0	0	0,00
SUBTOTAL		121,3	248,87	370,17	6,17

Paras no programadas mes de Febrero

En el mes de Febrero se observa que hubo un total de 6.17 horas de paros no programados

Tabla 50.

Paras no programadas, prensa 50 TN mes de marzo

PAROS NO PROGRAMADOS					
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE MARZO			
		ATENCIÓN(MIN)	SOLUCIÓN(MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 50 TN	MANTENIMIENTO	6,18	0,68	6,86	0,11
	HERRAMENTAL	5,78	22,75	28,53	0,48
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	24,84	30,36	55,2	0,92
	CALIDAD	0	0	0	0,00
	MATERIA PRIMA	0	0	0	0,00
	SOPORTE LET				
SUBTOTAL		36,8	53,79	90,59	1,51

Paras no programadas mes de Marzo

En el mes de Marzo se observa que hubo un total de 1.51 horas de paros no programados

Disponibilidad:

Tiempo total: Para calcular el tiempo operativo es importante saber que los días laborables de cada mes fueron de 21 días, los cuales multiplicados por las 8 horas diarias de trabajo dan un total de 168 horas laborables al mes.

Tiempo operativo: Este tiempo resulta de la resta de el tiempo de paras programadas y paras no programadas, dando un total de 145,35 horas operativas en el mes de enero, 161,83 en el mes de Febrero y 166,49 en el mes de Marzo.

Finalmente para calcular la disponibilidad se debe dividir el tiempo operativo con el tiempo disponible total al mes

Tabla 51.

Tiempo operativo prensa 50 TN

PRENSA 50 TN	Mes	Tiempo total h	Tiempo operativo (h/mes)
	Enero	168	145,35
	Febrero	168	161,83
	Marzo	168	166,49

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = \frac{145,35}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = 87\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = \frac{161,83}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = 96\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Marzo)} = \frac{166,49}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Marzo)} = 99\%$$

Rendimiento: El rendimiento de la máquina será el mismo para el mes de Enero, Febrero y Marzo.

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 50 Ton)} = \frac{\textit{Producción Real}}{\textit{Capacidad Productiva}}$$

Capacidad Productiva: Se refiere a la cantidad de piezas que la máquina debería producir por minuto, en el caso de la máquina de 50 toneladas su capacidad productiva teórica por minuto es de 1 u/min, es decir 148 piezas al día y 3100 piezas al mes. Tomando en cuenta que el tiempo que se emplea para producir esta pieza es de 2 horas.

Producción real: Es la cantidad real de piezas que se produce por minuto, tomando en cuenta las fallas, mantenimientos de la máquina y tiempos que se pierden por paros no programada, identificando una media de 1 u/min, es decir 129 piezas al día y 2700 piezas al mes, cabe recalcar que para la fabricación de estas piezas únicamente se ocupa un total de 2 horas del tiempo disponible. Es por esta razón que a pesar de que se produzca 1 u/min no se llega a fabricar las 3100 piezas que la máquina es capaz de producir.

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 50 Ton)} = \frac{2700 \text{ u/mes}}{3100 \text{ u/mes}}$$

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 50 Ton)} = 87\%$$

Calidad: Finalmente se realiza el cálculo de la calidad utilizando la siguiente fórmula:

$$CALIDAD = \frac{\textit{Total piezas fabricadas} - \textit{Piezas NoOK}}{\textit{Total piezas fabricadas}}$$

$$CALIDAD \text{ (Panel balde sin perforaciones)} = \frac{2700 - 515}{2700}$$

$$CALIDAD \text{ (Panel balde sin perforaciones)} = \frac{2185}{2700}$$

CALIDAD (Panel balde sin perforaciones) = **81%**

$$\text{CALIDAD (Panel balde con perforaciones)} = \frac{2700 - 474}{2700}$$

$$\text{CALIDAD (Panel balde con perforaciones)} = \frac{2226}{2700}$$

CALIDAD (Panel balde con perforaciones) = **82%**

OEE: Ya calculada la disponibilidad, rendimiento y calidad se procede a calcular el OEE el cual sirve para calcular la eficacia de la productividad dentro de la empresa, con la siguiente fórmula:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Cálculo del OEE:

Tabla 52.

Cálculo del OEE prensa 50 TN situación actual

OEE Prensa 50 TN	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
	94%	87%	82%	67%

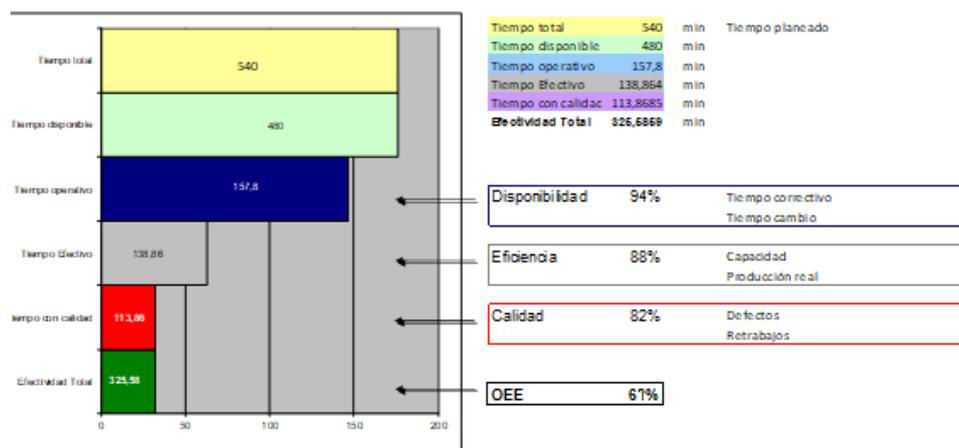


Figura 17. Cálculo del OEE situación actual prensa 50 TN

Se obtiene un OEE del 67% en la prensa de 50 toneladas, valor que representa una deficiencia dentro de los rangos de valores del OEE, se presentan problemas económicos, este valor puede ser aceptable únicamente si se encuentra en proceso de realizar una mejora, caso contrario estaría catalogado igualmente como un valor inaceptable, existe un nivel de competitividad bajo.

Una vez calculado el OEE actual de cada máquina, se dará una breve descripción de cada pieza defectuosa a corregir y luego se empleará la metodología de los 5 pasos en donde se identificarán las posibles causas o problemas que generan el defecto en las piezas, también se analizará una posible acción correctiva inmediata la cual ayudará a solucionar el problema momentáneamente, como siguiente paso se debe analizar la causa raíz que está generando el problema, para ello se realizará un diagrama Ishikawa también conocido como diagrama de pescado en donde se colocará el problema junto con sus posibles razones por las cuales se genera el problema. Al momento de analizar el diagrama de Ishikawa se buscará las acciones correctivas definitivas las cuales eliminarán el problema de raíz y que no vuelva a ocurrir para finalmente hacer un seguimiento y validación de los resultados verificando si la solución fue factible o no.

3.10. Descripción de las piezas defectuosas

A continuación, se hará una breve descripción de las piezas en donde se presentan la mayoría de defectos para conocer más a profundidad cada una de ellas. Con ayuda del diagrama de Pareto se identifico que las piezas con un mayor porcentaje de piezas defectuosas son: Oreja de montaje, bracket montaje superior, panel balde con perforaciones y panel balde sin perforaciones.

3.10.1 Oreja de Montaje

La oreja de montaje es una pieza que forma parte del soporte de ballesta, su función es sostener la cañería de la moto RT-50 y está ubicada en la parte de abajo del chasis de la motocicleta.

PASO 1: Identificación del problema

Al momento de elaborar la pieza “Oreja de montaje” se observa que existe una gran cantidad de piezas defectuosas debido a que se genera un exceso de rebabas en las piezas por lo que estas deben ser sometidas a un reproceso o simplemente desechadas, generando grandes pérdidas a las ganancias de la empresa.

Por esta razón el desperdicio de materiales no se determina solamente para una etapa del proceso de producción, sino que se establecen para el conjunto de procedimientos consecutivos que intervienen en cada uno de los productos que se elaboran en las instalaciones de la empresa.

PASO 2: Acciones correctivas inmediatas

- Contratar a personal que elimine las rebabas manualmente.
- Afilar el punzón.

PASO 3: Análisis de la causa raíz

Una vez identificados los errores de la empresa se procede a realizar un análisis en donde se identificarán las principales causas de los problemas para hallar la raíz de los mismos y poder implementar las mejoras pertinentes, logrando que el error no vuelva a suceder.

Para lograr esto primeramente se debe utilizar un diagrama de Ishikawa de donde se parte del problema principal que son las fallas y defectos de los productos en el área de fabricación, en donde cada una de las espinas de pescado indica las causas del problema separándose en: método, materia prima, medición, mano de obra, maquinaria, medio ambiente, así, una vez identificadas las posibles causas en cada una de las “M” será más fácil lograr identificar la causa raíz de los problemas en las piezas defectuosas.

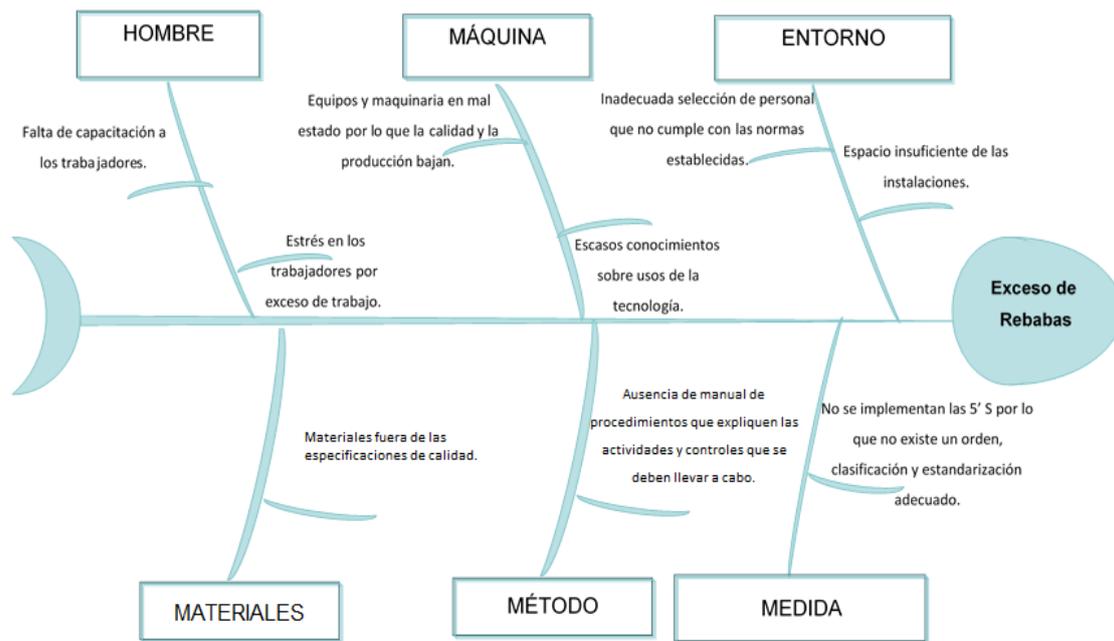


Figura 18. Diagrama Ishikawa exceso de rebabas

PASO 4: Acciones correctivas definitivas

- Capacitar al personal.
- Programar pausas activas para disminuir el estrés del personal.
- Realizar mantenimiento a la maquinaria en mal estado.
- Hacer cumplir con las políticas de la empresa a todo el personal.
- Crear una mentalidad de orden y estandarización en la planta.
- Actualización de los manuales de los procesos.
- Cumplir con las especificaciones de calidad.

PASO 5: Seguimiento y validación

- Verificar que la matriz del troquel funcione correctamente.
- Verificar que los punzones funciones correctamente.

Al realizar y analizar el AMEF en la oreja de montaje se puede observar que el proceso en donde se genera una mayor falla es en corte desarrollo y perforado puesto que al calcular el RPN, este da un valor que va entre un rango de 125 a 499, rango que se refiere a que el riesgo de falla es medio, por ende, se debe atacar dicho problema.

3.10.2 Bracket Montaje Superior

El bracket montaje superior es una pieza que forma parte del parachoques de la motocicleta RT-50, su función es sostener a la montura del parachoques para que este no se caiga

PASO 1: Identificación del problema

Al igual que la oreja de montaje, al momento de fabricar la pieza “Bracket montaje superior” se puede observar como una gran cantidad de piezas son defectuosas debido a que se generan perforaciones desplazadas dentro de las piezas por lo que estas igualmente deben ser sometidas a un reproceso o simplemente formar parte del SCRAP, generando grandes pérdidas a las ganancias de la empresa.

Como se dijo anteriormente por esta razón no solo se tiene desperdicio de materiales en un proceso o en una actividad en específico, sino en todo el proceso de fabricación de la pieza, ya sea desperdicio de tiempo, material o dinero.

PASO 2: Acciones correctivas inmediatas

- Utilizar herramental similar.

PASO 3: Análisis de la causa raíz

Para realizar el análisis de la causa raíz de esta pieza en específico hay que tomar en cuenta las posibles fallas o razones por las cuales la pieza está siendo sometida para poder eliminar estas fallas de raíz logrando que el problema no se vuelva a generar.



Figura 19. Diagrama Ishikawa perforación desplazada

PASO 4: Acciones correctivas definitivas

- Capacitar al personal.
- Programar pausas activas para disminuir el estrés del personal.
- Realizar mantenimiento a la maquinaria en mal estado.
- Reemplazar los topes por unos nuevos evitando que estos se desplacen y afecten al proceso.
- Hacer cumplir con las políticas de la empresa a todo el personal.
- Calibrar el troquel antes de ser utilizado.
- Actualización de los manuales y documentación de los procesos.
- Realizar mantenimiento al herramental (troqueles).
- Realizar inspecciones previas después de realizar el perforado de la pieza.

PASO 5: Seguimiento y validación

- Verificar si el cambio de troquel está brindando mejoras.
- Verificar la fijación de los topes.
- Realizar un seguimiento de los cortes de las piezas antes de ser perforadas.

3.10.2.1 AMEF Bracket Montaje Superior

Tabla 54.

AMEF Bracket montaje superior

Proceso	Requerimiento	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Severidad	Causa de la falla potencial	Controles de prevención	Ocurrencia	Controles de detección	Detección	RPN
Cortar bandas	Ancho de bandas especificado en las hojas de procesos	Ancho mayor	Desarrollo no ingresa en siguiente paso	7	Topes mal calibrados	Instrucciones descritas en las hojas de procesos	2	Medir ancho de bandas	5	70
		Ancho menor	Desarrollo no ingresa en siguiente paso	7	Topes mal calibrados	Instrucciones descritas en las hojas de procesos	2	Medir ancho de bandas	5	70
	Corte sin rebabas	Extremo de corte con rebabas perceptible a la vista	El desarrollo no ingresa en guías del herramienta	5	Desgaste de las cuchillas de la cizalla	Plan de mantenimiento de máquinas	2	Verificar visualmente la presencia de rebabas	7	70
Corte desarrollo y perforado	Corte completo	Corte incompleto o retal no desprendido	El desarrollo no ingresa en guías del herramienta	5	Parámetros de corte fuera de especificación	Parámetros descritos en las hojas de procesos	4	Verificar visualmente en la misma estación	7	140
	Corte sin rebabas	Perímetro de corte con rebabas perceptibles a la vista	Parte no ingresa en el siguiente paso. Pieza fuera de especificación.	5	Desgaste del herramienta	Plan de mantenimiento del herramienta	2	Verificar visualmente en la misma estación	7	70
Doblado	Posición del doblado especificado en la hoja de procesos	Doblado recorrido	La parte no ingresa en los herramientas del paso siguiente	5	Desarrollo fuera de contacto de topos posicionadores	Instrucciones descritas en las hojas de procesos	3	Medir la posición de doblado con respecto a un borde de referencia en la misma estación	5	75

Al observar y analizar el AMEF en el Bracket montaje superior se puede observar que el proceso en donde se genera una mayor falla es en corte desarrollo y perforado puesto que al calcular el RPN, este da un valor que va entre un rango de 125 a 499, rango que se refiere a que el riesgo de falla es medio, por ende, se debe atacar dicho problema.

3.10.3 Panel Balde con/sin perforaciones

El panel balde como su nombre lo indica es una pieza que se utiliza para formar la estructura del balde de una camioneta.

PASO 1: Identificación del problema

Al igual que las piezas anteriormente mencionadas, al momento de fabricar la pieza "Panel de balde con/sin perforaciones" se observa igualmente un alto nivel en piezas defectuosas a causa de perforaciones faltantes, que posteriormente deben ser sometidas a un reproceso o pasan a formar parte del SCRAP, lo que igualmente ocasiona pérdidas de tiempo, material y dinero.

Al momento de reprocesar o desechar las piezas defectuosas se genera un alto nivel de desperdicios dentro de la empresa ocasionando inconvenientes dentro de la misma.

PASO 2: Acciones correctivas inmediatas

Realizar mantenimiento a los punzones.

Verificar las perforaciones de las piezas una por una.

PASO 3: Análisis de la causa raíz

Para realizar el análisis de la causa raíz de esta pieza es necesario tomar en cuenta las posibles razones por las cuales se está ocasionando el defecto para poder eliminar estas fallas de raíz logrando que el problema no se vuelva a generar.



Figura 20. Diagrama Ishikawa perforación faltante

PASO 4: Acciones correctivas definitivas

- Capacitar al personal.
- Realizar mantenimiento a la maquinaria en mal estado.
- Reemplazar los punzones por unos nuevos logrando una perforación de alta calidad.
- Hacer cumplir con las políticas de la empresa a todo el personal.
- Calibrar el troquel antes de ser utilizado.
- Actualización de los manuales y documentación de los procesos.
- Realizar inspecciones y seguimientos previos después de realizar el perforado de la pieza.
- Medir los estándares de calidad.

PASO 5: Seguimiento y validación

- Verificar si los operadores están debidamente capacitados.
- Verificar si los punzones reemplazados están trabajando adecuadamente.
- Verificar si se están realizando las inspecciones respectivas a las piezas.

3.10.3.1 AMEF Panel Balde con/sin perforaciones

Tabla 55.

AMEF Panel balde con/sin perforaciones

Proceso	Requerimiento	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Severidad	Causa de la falla potencial	Controles de prevención	Ocurrencia	Controles de detección	Detección	RPN
Cortar bandas	Ancho de bandas especificado en las hojas de procesos	Ancho mayor	Desarrollo no ingresa en siguiente paso	7	Topes mal calibrados de la cizalla	Instrucciones descritas en las hojas de procesos	4	Medir ancho de bandas	5	140
		Ancho menor	Desarrollo no ingresa en siguiente paso	7	Topes mal calibrados de la cizalla	Instrucciones descritas en las hojas de procesos	4	Medir ancho de bandas	5	140
Embutido	Embutido sin fracturas visibles	Parte fracturada en el área del embutido	Debilitamiento de la parte	7	Parámetros de presión de embutidor mayor a los requerimientos	Parámetros descritos en las hojas de procesos	4	Verificar visualmente la presencia de fracturas	7	196
							Desgaste del herramienta	Plan de mantenimiento del herramienta	4	Medir altura de embutido

Proceso	Requerimiento	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Severidad	Causa de la falla potencial	Controles de prevención	Ocurrencia	Controles de detección	Detección	RPN
Cortar desarrollo y perforar	Corte completo	Corte incompleto	Dificultad para posicionar la parte en el siguiente herramental	5	Parámetros de la prensa mal calibrados	Parámetros de escritos en las hojas de procesos	4	Verificar visualmente el desprendimiento de todos los excesos	7	140
	Corte sin rebabas	Extremo de corte con rebabas perceptibles a la vista	Desarrollo no ingresa en guías del herramental	5	Desgaste del herramental	Plan de mantenimiento del herramental	4	Verificar visualmente la presencia de rebabas	7	140
	Geometría de las perforaciones especificadas en las hojas de procesos	Perforaciones faltantes	La parte no se posiciona en el herramental del siguiente paso	7	Desgaste del herramental	Plan de mantenimiento del herramental	4	Verificar visualmente la geometría de las perforaciones	7	196
	Numero de perforaciones especificado en plano CAD	Perforaciones con golpes o desplazadas	La parte no se posiciona en el siguiente paso	5	Desgaste del herramental	Plan de mantenimiento del herramental	4	Verificar visualmente la presencia de odas las perforaciones	7	140
	Dimensiones de las perforaciones especificadas en las hojas de procesos	Perforaciones con dimensiones menores	Dificultad para posicionar la parte en el siguiente herramental	7	Desgaste del herramental	Plan de mantenimiento del herramental	4	Medir dimensiones de las perforaciones	5	140

Al realizar y analizar el AMEF en el panel balde con y sin perforaciones se observa que la mayoría del proceso son candidatos a sufrir algún tipo de falla, puesto que el RPN da valores entre un rango de 125 a 499, rango que se refiere a que el riesgo de falla es medio, por ende, se debe atacar dicho problema.

3.11 Tabla resumen de defectos

En esta tabla se resume los defectos encontrados en el área, así mismo se describen las oportunidades de mejora, la estrategia que se empleara para eliminar los defectos, la muda que estos efectos están causando dentro de la organización, las herramientas que se implementara para erradicar el problema y los objetivos a alcanzar una vez implementadas dichas herramientas.

Tabla 56.

Resumen de defectos

Defecto	Área	Descripción oportunidad	Estrategia	Muda	Herramienta o iniciativa	Objetivo
Exceso de rebabas	Fabricación	Eliminación del defecto de exceso de rebabas para la optimización de los recursos	Reducir las rebabas en las piezas perforadas, maximizando el uso de los recursos	Defectos/Reprocesos	5'S / SMED Aplicación de los 5 pasos	Identificar bien los procesos aplicando las 5'S y creando una cultura dentro del area de fabricación. Identificar la causa raíz del problema para reducirlo o eliminarlo. Aumentar la disponibilidad de tiempo para la fabricación de las piezas.
Perforaciones faltantes	Fabricación	Eliminación del defecto de perforaciones faltantes aumentando la calidad, eliminando reprocesos y SCRAP	Disminuir las fallas y falta de cumplimiento de especificaciones	Defectos/Reprocesos	TPM/ Poka-Yoke / SMED Aplicación de los 5 pasos	Implementar un sistema a prueba de errores para evitar que la falla siga ocurriendo o propagandose. Identificar la causa raíz del problema para reducirlo o eliminarlo. Aumentar la disponibilidad de tiempo para la fabricación de las piezas, disminuyendo los mantenimientos preventivos y aumentando los mantenimientos autónomos.
Perforaciones desplazadas	Fabricación	Eliminación del defecto de perforaciones desplazadas aumentando la calidad, eliminando reprocesos y SCRAP	Disminuir las fallas y falta de cumplimiento de especificaciones	Defectos/Reprocesos	TPM/Poka-Yoke / SMED Aplicación de los 5 pasos	Implementar un sistema a prueba de errores para evitar que la falla siga ocurriendo o propagandose. Identificar la causa raíz del problema para reducirlo o eliminarlo. Aumentar la disponibilidad de tiempo para la fabricación de las piezas, disminuyendo los mantenimientos preventivos y aumentando los mantenimientos autónomos.

3.12 Identificación del problema

Debido a que la empresa metalmecánica fabrica diversos tipos de productos, los directivos de la empresa han decidido enfocarse en la detección de problemas operativos solamente en el proceso de elaboración de chasis dentro del área de fabricación, puesto que el jefe de este departamento informa de constantes cambios que alteran los niveles de productividad tanto en el corto y mediano plazo. Para ello se utilizan las herramientas Lean Manufacturing con las se permita evaluar la situación actual del sistema operativo, aplicando el Mapa de Flujo de Valor (VSM), Eficacia Global de Equipos Productivos (OEE), Análisis de Modos Efectos y Fallas (AMEF) y las 5S, Cada una de estas herramientas proporciona información de los problemas en el proceso de producción, para que posteriormente se posible la mejora continua en el área del departamento operativo.

4. Capítulo IV. Propuesta de Mejora

Con los análisis obtenidos hasta el momento se tiene una idea más clara de cuál es el problema y que herramientas son las más óptimas para eliminar dichos problemas. Las mejores opciones para utilizar en esta propuesta de mejora dentro de las herramientas de lean Manufacturing son: 5 S, TPM, SMED Y Poka-Yoke.

4.1 Las 5 S

Para entender la situación actual del área operativa de la empresa metalmecánica, se ha utilizado una de las herramientas de Lean Manufacturing conocida como la metodología de las 5S para evaluar la organización, el orden y la limpieza de las diferentes áreas de trabajo de la compañía.

De acuerdo a este tipo de metodología, se han planteado interrogantes de la encuesta en relación a los principios de las 5S las mismas que son contestadas por los 35 trabajadores del área de producción de la empresa metalmecánica.

El formato del cuestionario en relación a la metodología de las 5S se muestra adjunto en los anexos, aquí se demuestran las preguntas que fueron hechas a los trabajadores y según sus respuestas se obtienen los datos mostrados en el checklist de evaluación de las 5 S. Figura 21.

4.1.1 Checklist de evaluación de las 5 S

En el plan de mejora propuesto en el capítulo 3 se identificó la necesidad de aplicar las 5S, para ello se realizará un checklist con preguntas específicas y concretas de cada "S" con el fin de que todas estas sean aplicadas correctamente dentro de la empresa, realizando un seguimiento periódico verificando el correcto uso de esta herramienta.

Al momento de aplicar el checklist se obtuvo la siguiente información.

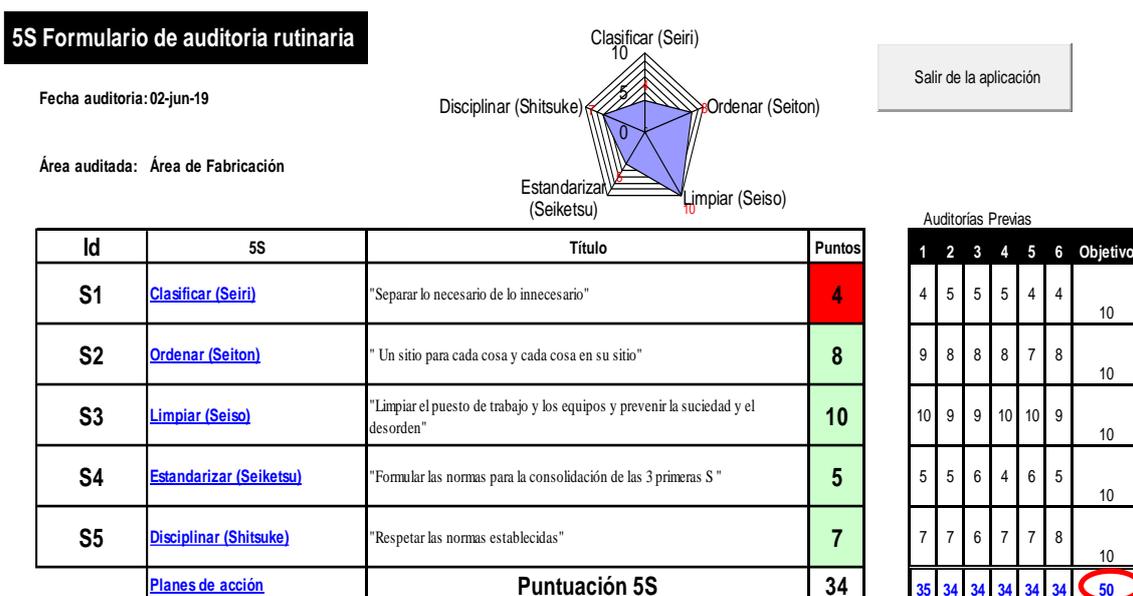


Figura 21. Checklist de auditoría de las 5S

En esta tabla se muestran los resultados obtenidos dando una puntuación total de las 5S de 34 puntos, valor que se lo podría considerar como bajo ya que el valor óptimo a alcanzar sería de una puntuación de 50 puntos.

En el Checklist realizado se colocó como observación las actividades que tienen una oportunidad de mejora por lo que como paso siguiente se procede a realizar un plan de acción en donde todas estas oportunidades de mejora sean atacadas para poder lograr una mejoría en cuanto a la puntuación de las 5S.

4.1.2 Plan de acción

PLAN DE ACCIÓN

Tabla 57.

Plan de acción 5S

Fecha de emisión: 04-06-2019

Fecha de cumplimiento: 04-08-2019

No.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	MOTIVO PROBLEMA	ACCIÓN CORRECTIVA	RECURSOS	RESPONSABLE
1	Planchas de metal en el suelo obstruyendo el camino, racks obstruyendo el camino.	Desorden al momento de trasladar la MP del almacén al área de fabricación.	Estandarizar y hacer un plan de producción para no tener acumulada la MP en el suelo.	Tecnológico/ humanos	Jefe de Área de Producción
2	Objetos no identificados, herramientas fuera de su lugar.	Falta de orden dentro del área de producción.	Identificar los objetos y colocarlos en su respectivo lugar.	Humanos	Jefe de Área de Producción/ Colaboradores
3	Armarios y cajas de herramientas sin nombre.	Falta de compromiso por parte de los trabajadores.	Colocar nombres en armarios, cajas y herramientas.	Humanos	Jefe de Área de Producción/ Colaboradores
4	Maquinaria inutilizada en el entorno de trabajo.	Depende de la producción.	Realizar un mejor plan de producción.	Tecnológico/ humanos	Jefe de Área de Producción

5	Estanterías y otras áreas de almacenamiento no están debidamente identificadas.	Falta de compromiso por parte de los trabajadores.	Identificar las estanterías y otras áreas de almacenamiento	Humanos	Jefe de Área de Producción/Colaboradores
6	Mucho calor	Espacio cerrado.	Adquirir ventiladores, abrir puertas y ventanas.	Financieros	Jefe financiero y administrativo
7	Elementos de extinción de incendios obstruido.	Racks y material obstruyen la caja de incendios.	Estandarizar el área para tener todo en su debido lugar.	Humanos	Jefe de Área de Producción/Colaboradores

Una vez realizado el plan de acción para implementar más eficiente y eficazmente las 5S dentro de la empresa se procede a realizar un plan de capacitación de las 5S, de tal forma que los trabajadores tengan una idea más clara de cómo implementar dicha herramienta.

El plan de capacitación se muestra en la tabla a continuación junto con los temas a tratar

Tabla 58.

Plan de capacitación 5S

PLAN DE CAPACITACIÓN 5'S															
FORMACIÓN Y DESARROLLO DE:	TEMA	DIRIGIDO A:		CRONOGRAMA											
		DIRECTIVO	OPERATIVO	NOV.				DIC.				ENERO			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
LEAN MANUFACTURING Y 5'S	Descripción de las 5's	X	X	1	2										
	1ra S (Clasificar) Criterios a utilizar	X	X		1										
	Cómo implementar la clasificación	X	X			1									

4.2.1. PASO 1

Comunicar a los trabajadores que se realizara una implementación de TPM dentro de la planta. Para ello, la alta dirección debe difundir dicha información a todos los trabajadores para que estén al tanto de la implementación a realizar. Para dejar en claro lo que se va a realizar se debe explicar cuáles serán las metas a cumplir y los beneficios que se espera conseguir tras la implementación del TPM.

4.2.2. PASO 2: Lanzamiento de Campaña Educativa

El objetivo de esta capacitación no es solo para que el trabajador entienda el propósito de la implementación sino elevar la moral y eliminar la resistencia al cambio que presentan los trabajadores.

Tabla 59.

Plan de capacitación TPM

PLAN DE CAPACITACIÓN TPM																		
FORMACIÓN Y DESARROLLO DE:	TEMA	DIRIGIDO A:		CRONOGRAMA														
		DIRECT IVO	OPERAT IVO	NOV.				DIC.				ENERO						
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANC E)	Prerrequisitos para implementar TPM	X	X	1														
	Las 6 grandes pérdidas	X	X		2													
	Puesta a punto y ajustes	X	X			3												
	Fallas mayores	X	X				4											
	Tiempos de espera y paros menores	X	X					1										
	Reducciones de velocidad	X	X						2									
	Perdidas por arranques	X	X							3								
	Defectos y retrabajos	X	X									4						

	Descripción y cálculo del OEE	X	X																
	Sesiones prácticas	X	X																

Plan de capacitación TPM.

4.2.3. PASO 3: Establecer políticas y metas para el TPM

Los organismos encargados de promover el TPM deben comprometerse a cumplir con el procedimiento de desarrollo del TPM e ir añadiendo procesos y actividades para su mejora dentro de un mediano y largo plazo.

4.2.4. PASO 4: Plantear un plan maestro para el desarrollo del TPM

Para el correcto desarrollo de este plan maestro se deben realizar las siguientes 7 etapas.

4.2.4.1 Etapa 1: Limpieza inicial

La limpieza inicial de los equipos de la empresa, se plantea realizarlo mediante la aplicación de las 5s que corresponde a la Clasificación, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina, por lo que es necesario desarrollar un conjunto de actividades a realizarse estableciendo responsables para cada una de ellas:

Tabla 60.

5S Aplicada en la maquinaria

Las 5s	Actividades	Responsables	Semanas al mes			
			1	2	3	4
	Identificar maquinaria inutilizada.	Jefe Operativo	x			

Clasificación (Seiri)	Determinar las herramientas para la limpieza.	Asistente Operativo	x			
	Identificar los equipos que requieran mantenimiento.	Jefe Operativo		x		
Orden (Seiton)	Ubicar las herramientas de limpieza para encontrarlas fácilmente.	Asistente Operativo		x		
	Establecer el modelo de los equipos para mantenimiento.	Asistente Operativo		x		
Limpieza (Seiso)	Establecer los tiempos de limpieza periódica para los equipos.	Jefe Operativo		x	x	x
	Identificar las partes de los equipos a limpiar.	Jefe Operativo	x	x	x	x
	Realizar las tareas de limpieza conjuntamente con los equipos utilizados.	Asistente Operativo		x	x	

Estandarización (Seitketsu)	Generar mejoras para la limpieza periódica de equipos.	Jefe Operativo		x	x	
	Integrar las acciones de limpieza en las actividades de rutina.	Asistente Operativo	x	x	x	x
	Establecer escritos estándar para la limpieza continua de equipos.	Jefe Operativo	x	x	x	x
Disciplina (Shitsuke)	Respetar y hacer respetar. los estándares de limpieza establecidos.	Jefe Operativo				x
	Realizar informes diarios, promoviendo la limpieza continua.	Jefe Operativo				x
	Posibilitar el seguimiento de las actividades definidas.	Asistente Operativo				x

A más de ello, se reconoce que la lubricación de los equipos es indispensable por lo que en la tabla 61 se identifica el tipo de la máquina, el punto a lubricar,

tipo de lubricante, cantidad requerida, frecuencia de aplicación y responsables de la actividad a realizar

Con esta tabla lo que se espera tener, es una idea más clara del nivel de y frecuencia en la que se debe lubricar la maquinaria para que no genere problemas o daños a corto y largo plazo.

Tabla 61.

Lubricación de las prensas

Máquina	Punto a lubricar	Tipo de lubricante	Cantidad	Frecuencia	Responsable
Prensa 1500 Toneladas	Motor	Aceite hidráulico	5 litro	Mensual	Operador de Producción
Prensa 1000 Toneladas	Motor	Aceite hidráulico	5 litros	Mensual	Operador de Producción
Prensa 50 Toneladas	Motor	Grasas EP	1 litro	Mensual	Operador de Producción

4.2.4.2 Etapa 2: Acciones correctivas en la fuente

Se requiere una amplia colaboración de los trabajadores de la empresa, receptando inclusive sugerencias adicionales por parte de los operadores para el mantenimiento de la maquinaria, por lo que para ello se ha considerado utilizar el siguiente formato:

Tabla 62.

Formato de sugerencias para mantenimiento prensa 1500 TN

Logotipo de la empresa	SUGERENCIAS DE LOS OPERADORES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA	
	Área: Producción	Fecha 10/08/2019

Cargo: Operario	Máquina: Prensa 1500 Ton
	Marca: ONAPRES
Descripción del problema presentado	
En la prensa de 1500 toneladas a pesar de que se limpie la maquina aún presenta suciedad o partículas, las cuales ocasionan que al momento de perforar o cortar una pieza esta salga con pupos o rebabas generando un alto índice de defectos.	
Propuesta de mejora:	
Se propone realizar una limpieza completa al momento de terminar la fabricación de un lote y empezar con el siguiente, además de reemplazar la matriz del troquel y realizar mantenimiento autónomo.	

Tabla 63.

Formato de sugerencias para mantenimiento prensa 1000 TN

Logotipo de la empresa	SUGERENCIAS DE LOS OPERADORES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA	
	Área: Producción	Fecha 05/06/2019
Cargo: Operario	Máquina: Prensa 1000 Ton	
	Marca: ONAPRES	
Descripción del problema presentado		

En la prensa de 1000 toneladas al igual que en la de 1500 se genera suciedad, pero más que eso se generan perforaciones desplazadas debido a la falta de topes ocasionando que la pieza al momento de realizar la operación de perforación, esta se desplace y se perfore en el lugar incorrecto.

Propuesta de mejora:

Se propone realizar una limpieza completa al momento de terminar la fabricación de un lote y empezar con el siguiente, además de colocar topes en los troqueles para que así las piezas no se desplacen al momento de perforarlas. Además, se propone verificar si el mantenimiento o el cambio de troquel está brindando mejoras, así como verificar la fijación de los topes es la correcta, realizando seguimientos de los cortes de las piezas antes de ser perforadas.

Tabla 64.

Formato de sugerencias para mantenimiento prensa 50 TN

Logotipo de la empresa	SUGERENCIAS DE LOS OPERADORES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA	
	Área: Producción	Fecha 05/06/2019
Cargo: Operario	Máquina: Prensa 50 Ton	
	Marca:	

Descripción del problema presentado
<p>En la prensa de 50 se genera suciedad al momento de utilizar la máquina, pero más que eso se observa un alto nivel de perforaciones faltantes en las piezas debido a la falta de mantenimiento autónomo ya que los punzones se rompen ocasionando que la perforación no pueda ser realizada, y por ende la pieza debe ser rechazada por no cumplir con las especificaciones.</p>
Propuesta de mejora:
<p>Se propone realizar una limpieza completa al momento de terminar la fabricación de un lote y empezar con el siguiente, además de realizar mantenimientos autónomos y revisión de punzones para verificar si alguno se encuentra desgastado o roto. Además de esto se propone realizar seguimientos de las perforaciones de las piezas antes de ser trasladadas al siguiente proceso.</p>

Es necesario también que en esta etapa se reduzcan los tiempos destinados para la limpieza de los equipos y determinar medidas para combatir aquellos daños que sean el resultado de una alta contaminación durante el uso de las máquinas.

4.2.4.3 Etapa 3: Preparación de estándares de inspección

En esta etapa se establecen estándares para mantener los procesos de limpieza y lubricación de los equipos de acuerdo al tiempo que se requiere para ello y el método a utilizarse. Para determinar el tipo de limpieza y de lubricación de los equipos se ha diseñado un formato el cual podrá ser utilizado por parte de los operadores de la empresa para todas las maquinas utilizadas dentro del área de fabricación.

Tabla 65.

Estándares de limpieza y lubricación

Logotipo de la empresa		Estándares de limpieza y lubricación			
Máquina: Prensa 1500-1000-50 TN		Marca: ONAPRES			
Estándares de limpieza	Método de limpieza	Tiempo (min)	Periodo		
			Cada día	Cada 2 semanas	Cada Mes
Limpieza externa de prensa	Wype	10		X	
Limpieza exterior de las guías	Wype	10		X	
Limpieza panel de control	Wype	5		X	
Estándares de lubricación	Método de limpieza	Tiempo (min)	Periodo		
			Cada día	Cada 2 semanas	Cada Mes
Lubricación de guías	aceite	3		X	
Verificación del nivel de grasa	Visual	5		X	
Fugas de aceite	Wype	3		X	
Observaciones					

Es necesario también que los estándares establecidos se evalúen con aprobación del Jefe Operativo para que mediante una coordinación conjunta con sus colaboradores se establezcan medidas necesarias para mejorar los parámetros de mantenimiento de la maquinaria de la empresa metalmecánica.

4.2.4.4 Etapa 4: Inspección general

Para la realización del cumplimiento de la cuarta etapa del mantenimiento autónomo, es fundamental que se otorgue una capacitación a los trabajadores operativos que utilizan los equipos, con la finalidad de entrenar para que desarrollen inspecciones de rutina en la maquinaria utilizada identificando evidencias en cuanto a su deterioro y necesidades de mantenimiento,

Durante las inspecciones de rutina es necesario utilizar una Lista de Chequeo con la finalidad de establecer el funcionamiento actual de los equipos por lo que es recomendable la aplicación del siguiente formato:

Tabla 66.

Checklist correcto funcionamiento de los equipos

Logotipo de empresa		LISTA DE CHEQUEO	
		CONVERSIÓN	
		MÁQUINA	
		MODELO	
SISTEMA	COMPONENTE	INSPECCIÓN	VERIFICACIÓN
Sistema hidráulico	Tuberías y mangueras	Inspeccionar holguras en mecanismo o tuberías	<input type="checkbox"/>
		Inspeccionar placas de los mecanismos leídas con facilidad.	<input type="checkbox"/>
Sistema mecánico	Correas	Verificar superficies con desgaste, cuarteadas o contaminadas de aceite	<input type="checkbox"/>
		Verificar la tensión de las correas.	<input type="checkbox"/>

	Cadenas	Inspeccionar si es deficiente el engranaje entre cadenas y dientes por el estiramiento de la cadena	<input type="checkbox"/>
Sistema Eléctrico	Control y fuerza	Verificar que las cajas de control y sus componentes se encuentran limpias y en buen estado	<input type="checkbox"/>

Se reconoce también que las labores de inspección en los equipos pueden verse limitados por los escasos tiempos que disponen por parte de los operadores y por la falta de motivación para hacerlo, por lo que el Jefe Operativo deberá cumplir un papel fundamental como líder para que se ejecuten adecuadamente este tipo de nuevas actividades a ser desarrolladas.

4.2.4.5 Etapa 5: Inspección autónoma

En el desarrollo de esta quinta etapa, cada uno de los estándares de limpieza y de lubricación que se han establecido con anterioridad se compara con los que se hayan obtenido realmente, de tal manera que dentro de un corto plazo se eliminen los errores de verificación y con ello se alcance una mayor eficiencia durante la inspección de los equipos utilizados.

Para que la aplicación de esta etapa sea la correcta, se requiere que los operadores sean entrenados con anterioridad para conducir a una correcta inspección general y seguir con un proceso de mejora continua.

4.2.4.6 Etapa 6: Estandarización

Se enfoca hacia la identificación de las respectivas normas a aplicarse para la inspección y limpieza de los equipos que intervienen durante la ejecución de las actividades operativas de la empresa metalmeccánica, por lo cual es necesario enunciar cada una de ellas las mismas que se describen a continuación:

- Mantener limpios de los puestos de trabajo de los operadores.

- Recoger todos los materiales que se encuentren sueltos alrededor de los equipos.
- Cuidar las salidas de emergencia, pasillos, escaleras e instalaciones donde se encuentra la maquinaria.
- Utilizar el uniforme de seguridad específico para el uso de la maquinaria.
- Utilizar gafas de seguridad durante la limpieza de los equipos con el fin de evitar salpicaduras a los ojos.
- Proteger con mascarillas la nariz en el momento de la limpieza con el propósito de evitar aspiración de polvos que afecten las vías respiratorias.

A más de ello, se reconoce que los tiempos que se destinen para la limpieza e inspección de los equipos están dados de acuerdo a cada una de las partes que requieren de mantenimiento, estableciendo también el tiempo que se requiere y la frecuencia que se destinan para el mantenimiento.

Los tiempos y las frecuencias que se dedica para la limpieza e inspección de las prensas de 1500, 1000 y 50 toneladas se describen en la tabla siguiente:

Tabla 67.

Tiempos para limpieza e inspección de prensas

Estándares de limpieza	Tiempo (min/mes)
Limpieza externa de prensa	10
Limpieza exterior de las guías	10
Limpieza panel de control	5
Estándares de lubricación	Tiempo (min)
Lubricación de guías	3
Verificación del nivel de grasa	5
Fugas de aceite	3

El tiempo que se emplea para realizar la limpieza y las inspecciones en la prensa de 1500, 1000 y 50 toneladas es de 36 minutos respectivamente, multiplicado por las 2 semanas al mes que se lo debe realizar daría un total de 72 minutos al mes por máquina.

4.2.4.7 Etapa 7: Control autónomo pleno

Para realizar el control autónomo pleno, se efectúa un comparativo entre el número de unidades producidas actualmente en comparación con las metas que se determinaron con anterioridad, por lo que en lo posterior se identifica los márgenes de productividad entre la cantidad real de producción frente a los productos que se hayan planificado.

Por ende, es necesario implementar tableros de control visual cuya estructura se determina en base al siguiente cuadro:

Tabla 68.

Tablero de control visual

META	REAL	DIFERENCIA	PRODUCTIVIDAD
A	B	C	D
No. Unidades	No. unidades	$C=A-B$	$D= B/A*100$

Los tableros de control visual se instalarán al interior de las instalaciones de la empresa metalmecánica, de tal manera que los operadores podrían verificar si se cumple su nivel de productividad en las actividades de trabajo que ha sido encomendado.

4.2.5. PASO 5: Mejorar la efectividad del equipo

Todos los integrantes de la empresa forman equipos de proyecto que brindarán mejoras para eliminar las pérdidas. Dichas mejoras traerán resultados positivos

dentro de la compañía, por esta razón es necesario que el personal se adapte al cambio rápidamente para poder ver resultados cuanto antes.

4.2.6. PASO 6: Establecer un programa de mantenimiento

Este plan debe concordar con las actividades que se realizan en el mantenimiento autónomo, para que de esta forma el funcionamiento del departamento pueda fluir sin problema.

4.2.7. PASO 7: Conducir entrenamiento para mejorar capacidades

En este paso lo que se realizara es implementar técnicas y métodos que ayudaran en el mantenimiento La educación, el entrenamiento y una gestión apropiada del equipo, son inversiones en personal que rinden múltiples beneficios, con esto se garantizará un beneficio notorio a la capacidad de operación y mantenimiento.

En otras palabras, es efectuar capacitaciones al personal para que tenga una idea mas clara del manejo del TPM dentro de la organización mejorando sus habilidades operativas y de mantenimiento autónomo, lo que ayuda a reducir los tiempos de para no programada por mantenimiento a los troqueles.

4.2.8. PASO 8: Implantación del TPM contemplando metas elevadas

Finalmente hay que perfeccionar la implementación del TPM fijando metas futuras aún más elevadas. En este punto de implementación se trata de estabilizar el trabajo mejorando los resultados, y haciendo que estos perduren en la empresa.

Una vez entendidos y aplicados todos estos pasos para la correcta implementación del mantenimiento productivo total, como siguiente paso es dar las especificaciones necesarias de la maquinaria con la cual se va a trabajar esto principalmente para tener una idea más clara del uso, funciones y potencia con la cual trabaja la maquinaria.

4.2.9. Especificaciones de la máquina

En este punto se da una breve explicación de información de la maquina como datos generales, marca de la prensa, modelo, fecha de instalación, datos del fabricante y otros aspectos importantes que detalle de mejor manera a la máquina.

Se detalla cada punto importante de la maquinaria de 1500, 1000 y 50 toneladas empleadas en la empresa metalmecánica y las cuales serán sometidas a estudios puesto que estas máquinas son en donde se realizan el mayor porcentaje de piezas defectuosas que llevan a una disminución de capital dentro de la organización

Tabla 69.

Especificaciones de la máquina prensa 1500 TN

Plan de mantenimiento preventivo			MTTO
Tarjeta maestra			
DATOS GENERALES			
Equipo: Prensa			
Marca: ONAPRES	Modelo: Ube- 150 - 3,25AK	Peso: 1500 (TN)	
Tiempo total de parada: 250 ms	Distancia de seguridad: 530 mm	Fecha de Instalación: 2001	
Jornada laboral: 8 horas			
DATOS DEL FABRICANTE			
Nombre: Mondragon Corporación	Teléfono: +34944523808	Dirección: San Antolín 48170 Vizcaya	
Ciudad: España	Correo electrónico: onapres@onapres.es	Otros datos: N/A	
SERVICIOS DE OPERACIÓN			
Voltaje: 380 V	Frecuencia: 50 Hz	Potencia: 85 kw	
NEUMÁTICA	HIDRÁULICA	OTROS: N/A	
Presión de trabajo: 0.7 MPa	Presión de trabajo: 28,5 MPa		

Tabla 70.

Especificaciones de la máquina prensa 1000 TN

Plan de mantenimiento preventivo		MTTO
Tarjeta maestra		
DATOS GENERALES		
Equipo: Prensa		
Marca: ONAPRES	Modelo: Uae-80 -2,5 - AH	Peso: 1000 (TN)
Tiempo total de parada: 200 ms	Distancia de seguridad: 530 mm	Fecha de Instalación: 1998
Jornada laboral: 8 horas		
DATOS DEL FABRICANTE		
Nombre: Mondragon Corporación	Teléfono: +34944523808	Dirección: San Antolín 48170 Vizcaya
Ciudad: España	Correo electrónico: onapres@onapres.es	Otros datos: N/A
SERVICIOS DE OPERACIÓN		
Voltaje: 380 V	Frecuencia: 50 Hz	Potencia: 65 kw
NEUMÁTICA	HIDRÁULICA	OTROS: N/A
Presión de trabajo: 0.7 MPa	Presión de trabajo: 28,5 MPa	



Tabla 71.

Especificaciones de la máquina prensa 50 TN

Plan de mantenimiento preventivo		MTTO
Tarjeta maestra		
DATOS GENERALES		
Equipo: Prensa		
Marca: ONAPRES	Modelo: Uae-80 -2,5 - AH	Peso: 50 (TN)
Tiempo total de parada: 200 ms	Distancia de seguridad: 530 mm	Fecha de Instalación: 1998
Jornada laboral: 8 horas		
DATOS DEL FABRICANTE		
Nombre: Mondragon Corporación	Teléfono: +34944523808	Dirección: San Antolín 48170 Vizcaya
Ciudad: España	Correo electrónico: onapres@onapres.es	Otros datos: N/A
SERVICIOS DE OPERACIÓN		
Voltaje: 380V	Frecuencia: 50 Hz	Potencia: 65 kw
NEUMÁTICA	HIDRÁULICA	OTROS: N/A
Presión de trabajo: 0.7 MPa	Presión de trabajo: 28,5 MPa	



4.2.10. Plan de mantenimiento prensa 1500, 1000 y 50 toneladas

Tabla 72.

Plan de mantenimiento limpieza externa de prensas

Plan de mantenimiento preventivo		MTTO
Instructivo		
Fecha de ejecución:	Hora de inicio:	Hora de finalización:
Objetivo: Limpiar externamente la prensa y eliminar cualquier tipo de suciedad.	07h10	07h20
Equipo	Tarea:	
Prensa	Limpieza Externa de la prensa	
PERSONAL ENCARGADO ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO		
Operador		Nombre
Jefe MTTO		
OPERARIO	X	
CONTRATISTA		
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO		
*Trapo *Equipo de protección personal		
PROCEDIMIENTO		
*Pulse el botón de parada de emergencia. *Desconectar la máquina de la fuente eléctrica. *Limpiar con el trapo la suciedad presente en la prensa. *Conectar nuevamente la máquina a la fuente eléctrica. *Quite el botón de parada de emergencia.		
Tiempo estimado de ejecución:	10 min	
OBSERVACIONES:		

Este plan de mantenimiento nos permitirá conservar la parte externa de la prensa en óptimas condiciones, limpiándola con ayuda de un trapo y siempre utilizando el equipo de protección personal apropiado.

Tabla 73.

Plan de mantenimiento limpieza panel de control

Plan de mantenimiento preventivo		MTTO
Instructivo		
Fecha de ejecución:	Hora de inicio:	Hora de finalización:
Objetivo: Limpiar el panel de control de grasa o suciedad presente para tener una clara visibilidad del mismo.	7h20	7h25
Equipo	Tarea:	
Prensa	Limpieza panel de control	
PERSONAL ENCARGADO ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO		
Operador		Nombre
Jefe MTTO		
OPERARIO	X	
CONTRATISTA		
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO		
*Aire *Equipo de protección personal		
PROCEDIMIENTO		
*Pulse el botón de parada de emergencia. *Con ayuda de una flauta de aire limpiar el polvo y suciedad del panel de control. *Quite el botón de parada de emergencia.		
Tiempo estimado de ejecución:	5 min	
OBSERVACIONES:		

La limpieza del panel del control nos permitirá tener una mejor visibilidad de los funcionamientos de cada botón, así de las indicaciones que se muestren en la pantalla, para evitar ocasionar cualquier tipo de error o falla al momento de utilizar la máquina.

Tabla 74.

Plan de mantenimiento limpieza exterior de las guías

Plan de mantenimiento preventivo	MTTO
Instructivo	

Fecha de ejecución:	Hora de inicio:	Hora de finalización:
Objetivo: Limpiar las guías de la prensa para un mejor movimiento de los troqueles.	7h25	7h35
Equipo	Tarea:	
Prensa	Limpieza exterior de las guías	

PERSONAL ENCARGADO ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO		
Operador		Nombre
Jefe MTTO		
OPERARIO	X	
CONTRATISTA		

EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO
*Trapo *Equipo de protección personal

PROCEDIMIENTO	
*Pulse el botón de parada de emergencia. *Desconectar la máquina de la fuente eléctrica. *Con ayuda del trapo limpiar la parte interna de las guías de la máquina con presencia de polvo. *Con ayuda del trapo limpiar la parte externa de las guías de la máquina con presencia de polvo. *Conectar nuevamente la máquina a la fuente eléctrica. *Quite el botón de parada de emergencia.	
Tiempo estimado de ejecución:	10 min

OBSERVACIONES:

La limpieza externa de las guías nos permitirá tener un mejor movimiento y deslizamiento del troquel al momento de colocarlo o retirarlo de la prensa, evitando atascamientos del mismo.

Tabla 75.

Plan de mantenimiento inspecciones de fugas

Plan de mantenimiento preventivo		MTTO
Instructivo		
Fecha de ejecución:	Hora de inicio:	Hora de finalización:
Objetivo: Inspeccionar fugas de aceite o aire.	7h35	7h38
Equipo	Tarea:	
Prensa	Inspección Fuga de aceite y aire	
PERSONAL ENCARGADO ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO		
Operador		Nombre
Jefe MTTO		
OPERARIO		X
CONTRATISTA		
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO		
*Visual *Equipo de protección personal		
PROCEDIMIENTO		
*Pulse el botón de parada de emergencia. *Desconectar la máquina de la fuente eléctrica. *Identificar los tubos de aceite. * Verificar si existe algún tipo de fuga o goteo. *Conectar nuevamente la máquina a la fuente eléctrica. *Quite el botón de parada de emergencia.		
Tiempo estimado de ejecución:		3 min
OBSERVACIONES:		

Realizar una inspección constante de la existencia de fugas ya sean de aceite o de aire para corregirlas inmediatamente y evitar que el problema se vaya extendiendo.

Tabla 76.

Plan de mantenimiento inspección de grasa y lubricación

Plan de mantenimiento preventivo		MTTO
Instructivo		
Fecha de ejecución:	Hora de inicio:	Hora de finalización:
Objetivo: Inspeccionar el nivel de grasa y lubricación.	7h38	7h46
Equipo	Tarea:	
Prensa	Inspección del nivel de grasa y lubricación	
PERSONAL ENCARGADO ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO		
Operador		Nombre
Jefe MTTO		
OPERARIO		X
CONTRATISTA		
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO		
*Aceite Rigal 32 *Equipo de protección personal *Manual		
PROCEDIMIENTO		
*Pulse el botón de parada de emergencia. *Desconectar la máquina de la fuente eléctrica. *Verificar el nivel de grasa que existe en la máquina. *Con ayuda del trapo limpiar las guías de la máquina y la presencia de polvo. *Lubricar las guías con el aceite o grasa en caso de necesitarlo. *Conectar nuevamente la máquina a la fuente eléctrica. *Quite el botón de parada de emergencia.		
Tiempo estimado de ejecución:		8 min
OBSERVACIONES:		

Realizar una limpieza y lubricación constante a las guías de la máquina para evitar atascos al momento de colocar el troquel.

Una vez terminado el plan de mantenimiento autónomo la siguiente herramienta a utilizar es el SMED, esta herramienta nos permitirá realizar un cambio de

troquel mucho más rápido y eficiente logrando así un ahorro en la disponibilidad de tiempo.

4.3. SMED

Para que esta herramienta brinde las metas esperadas, es importante seguir una serie de pasos los cuales nos aseguran una correcta solución del problema en cuestión que se espera solucionar.

4.3.1. Cambio de matriz en un solo dígito de minutos SMED

En la empresa metalmecánica se encontró la posibilidad de aplicar SMED al momento de generar un cambio de formato o de troquel según especifique la hoja de proceso, ocasionando que la empresa pueda generar más variedad de piezas en menos tiempo que el actual.

4.3.2. Etapa preliminar

En la etapa preliminar se identifican las actividades que forman parte del proceso de producción estableciendo el tiempo que se requieren para la ejecución de cada uno de ellas:

Tabla 77.

Actividades de montaje y desmontaje de troquel

No.	Actividades	Tiempo en minutos
1	Medir con calibrador la pieza	3
2	Realizar los procesos necesarios	8
3	Movimiento de grúa hacia el troquel	7
4	Colocar cadenas en el troquel	5
5	Levantar el troquel y colocar en su sitio	6
6	Mover nuevo troquel	7
7	Colocar troquel en la prensa	3
8	Quitar el apoya troquel	3

9	Acomodar bien el troquel y ajustarlo	6
10	Limpiar el troquel de posible suciedad	2
11	Mover la materia prima hasta la prensa	4
	TOTAL MINUTOS	54

De acuerdo a la tabla anterior, el proceso se conforma por un total de once actividades y estableciendo un total también de 54 minutos necesarios para la ejecución de las operaciones entre internas y externas

4.3.3. Separar las operaciones internas de las externas

Para empezar con la mejora de tiempos en cuanto al cambio del troquel es importante primero identificar cuáles son las actividades internas que no generan valor a la producción y cuáles son las actividades externas que ocurren dentro de la empresa por lo que cada una de ellas se identifican de la siguiente manera entre los cuales se encuentran:

- **Actividades internas:** Son las actividades que se pueden realizar con la máquina parada.

Tabla 78.

Actividades internas

Actividades	Min
Movimiento de grua hacia el troquel	7
Colocar cadenas en el troquel	5
Levantar troquel y colocar en su sitio	6
Mover nuevo troquel	7
Colocar troquel en la prensa	3
Quitar el apoya troquel	3
Acomodar bien el troquel y ajustarlo	6
Limpiar el troquel de posible suciedad	2
Mover la materia prima hasta la prensa	4
Total	43

- **Actividades externas:** Son las actividades que se pueden realizar mientras la máquina está en movimiento.

Tabla 79.

Actividades externas

Actividades	Min
Medir con calibrador la pieza	3
Realizar los procesos necesarios	8
Total	11

Es decir, que actualmente el proceso de producción se conforma por 9 operaciones internas y 2 operaciones externas dando un total de 11 actividades que corresponde al total de 54 minutos.

Tabla 80.

Tiempo total actividades internas y externas

Tiempo total	54 minutos	
Total de operaciones	11 actividades	
Tiempos parciales	Operaciones internas	43,0 minutos
	Operaciones externas	11,0 minutos
Operaciones	Operaciones internas	9 actividades
	Operaciones externas	2 actividades



Figura 22. Actividades internas y externas situación actual

En la figura anterior se observa que de los 54 minutos que se destinan para el proceso de producción, 43 minutos corresponden a la aplicación de actividades internas por lo que la diferencia de los 11 minutos restantes se utiliza para las actividades externas, por lo tanto, se demuestra que casi de la totalidad del tiempo se realizan operaciones del proceso de producción cuando la máquina se encuentra detenida.

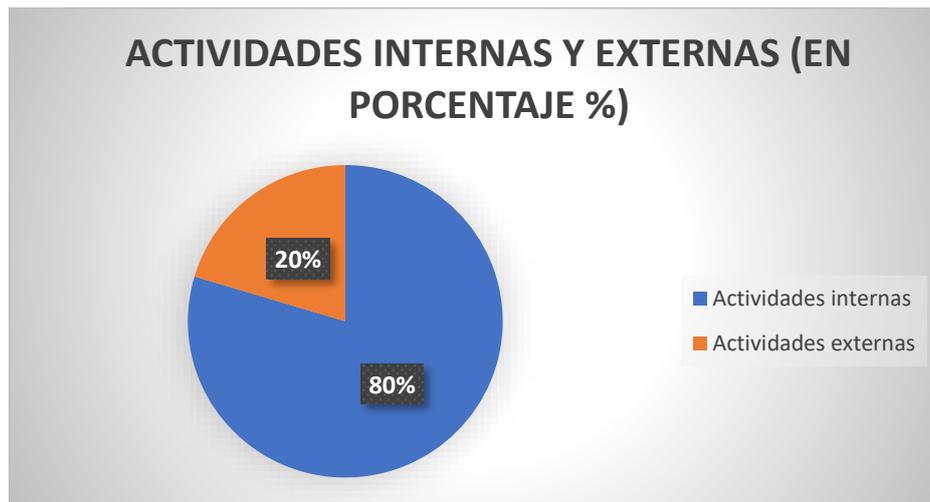


Figura 23. Actividades internas y externas en porcentaje

En la figura anterior, se identifica que el 80% del tiempo se destinan para las actividades internas mientras que el 20% se desarrollan para la implementación de las actividades externas, por ende, se estaría demostrando que 8 de cada 10 minutos se aplican operaciones cuando la máquina no realiza algún tipo de actividad, ocasionando demoras y tiempo de desperdicio al realizar las actividades de producción.

4.3.4. Convertir operaciones internas en externas

Para establecer aquellas operaciones internas en externas que forman parte del proceso de producción, resulta indispensable realizar el Diagrama de Pareto con la finalidad de identificar las actividades más importantes y a las que se deberá dar prioridad:

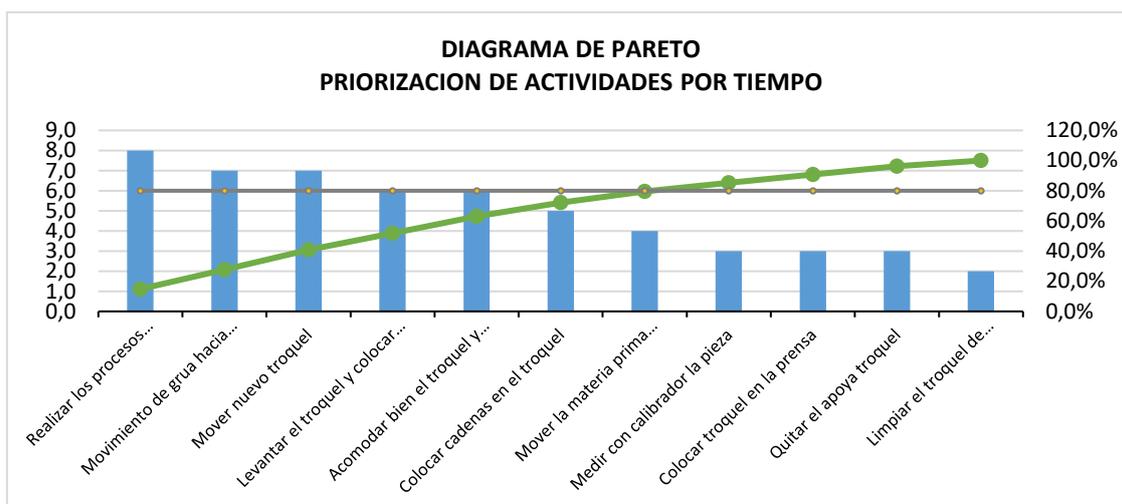


Figura 24. Diagrama de Pareto priorización de actividades por tiempo

En la figura anterior se reconoce que, al usar un Diagrama de Pareto, se estaría identificando que aproximadamente el 20% de las actividades conforman el 80% del tiempo del proceso de producción, es por ello que se ha identificado a aquellas operaciones que mantienen un mayor número de minutos señalando que algunas de ellas se deberán optimizar y otras serán necesarios convertirlas como una actividad externa:

Tabla 81.

Conversión de actividades internas en externas

No.	ACTIVIDADES	Tiempo Minutos	Convertir a externas	Optimizar/ Minimizar
1	Realizar los procesos necesarios	8		X
2	Movimiento de grúa hacia el troquel	7		X
3	Mover nuevo troquel	7	X	
4	Levantar el troquel y colocar en su sitio	6		X
5	Acomodar bien el troquel y ajustarlo	6	X	

6	Colocar cadenas en el troquel	5		X
---	-------------------------------	---	--	---

4.3.5. Perfeccionar operaciones internas y externas

Las operaciones que se transforman como actividades internas a externas son aquellas que se han identificado en relación al Diagrama de Pareto, estableciendo también la necesidad de optimizar el número de minutos que se requieren para el cumplimiento de cada actividad:

Para demostrar el ahorro de tiempo en ciertas actividades se explicará a detalle lo que se realizó para conseguir estas mejoras:

Medir con calibrador la pieza: Tener el calibrador más cerca del operario, logrando así que realice las medidas necesarias en menor tiempo.

Realizar los procesos necesarios: Realizar los procesos siguiendo las especificaciones de las hojas de procesos.

Movimiento de grúa hacia el troquel: Tener un plan de producción para que así los troqueles que vayan a ser utilizados esos días estén más a la mano.

Levantar el troquel y colocar en su sitio: Tener las guías de la prensa lubricadas para que el troquel pueda deslizar con mas facilidad.

Mover nuevo troquel: Esta actividad va ligada a tener un plan de mantenimiento para tener los troqueles necesarios a su disposición.

Tabla 82.

Ahorro de tiempo aplicando SMED

No.	Actividades	Actividad interna	Actividad externa	Tiempo actual	Tiempo mejorado
1	Medir con calibrador la pieza		x	3	2

2	Realizar los procesos necesarios		x	8	6
3	Movimiento de grúa hacia el troquel	X		7	6
4	Colocar cadenas en el troquel	X		5	5
5	Levantar el troquel y colocar en su sitio	X		6	4
6	Mover nuevo troquel		X	7	5
7	Colocar troquel en la prensa	x		3	3
8	Quitar el apoya troquel		X	3	2
9	Acomodar troquel, ajustarlo	x		6	6
10	Limpiar el troquel de posible suciedad	x		2	2
11	Mover la materia prima hasta la prensa	x		4	4
	TOTAL, MINUTOS	7	4	54	45

Es por ello, que en base a los resultados que se observan en la tabla anterior, se posibilita a elaborar un resumen en cuanto a las actividades internas y externas que han sido transformadas para que con ello se permita su optimización en el tiempo del proceso de producción y en el número de operaciones a ejecutarse.

Tabla 83.

Optimización de tiempos y operaciones

Tiempo total	45 minutos	
Total de operaciones	11 operaciones	
Tiempos parciales	Operaciones internas	30,0 minutos
	Operaciones externas	15,0 minutos
Operaciones	Operaciones internas	7 operaciones
	Operaciones externas	4 operaciones

Si disminuimos estos tiempos también se aumentaría notablemente el OEE de la empresa principalmente en la disponibilidad y los valores al momento de realizar los montajes y desmontajes de troqueles, haciendo estos cambios más eficientes, puesto que esta es una actividad tomada como una para no programada, el tiempo de esta para se reducirá notablemente dentro del nuevo análisis del OEE.

4.4. Poka-Yoke

La siguiente herramienta que se utilizara es el Poka-Yoke, con esta herramienta lo que se busca es solucionar los problemas de calidad de una manera rápida y simple empleando la técnica a prueba de errores. Para eliminar estos errores se hará uso de dos piezas fundamentales que son punzones y topes, con estas 2 piezas se logrará reducir los defectos de perforaciones faltantes y perforaciones desplazadas.

4.4.1 Punzón

El punzón es la pieza que nos ayuda a realizar las perforaciones en las piezas realizadas dentro de la empresa, sin embargo, el tipo de punzón que se utiliza no es el más óptimo debido a que por su forma se puede llegar a generar fallas al momento de realizar las perforaciones, es por esto que se ha optado por utilizar punzones con otra forma para mejorar la calidad de las perforaciones.

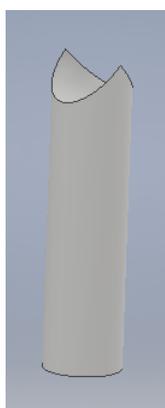


Figura 25. Punzón antiguo

Este punzón al no ser tan consistente ocasiona que la perforación no sea tan limpia ni precisa, causando la existencia de perforaciones faltantes, además de ello este punzón tiene una durabilidad corta ya que se desgasta con facilidad con cada perforación que realiza.

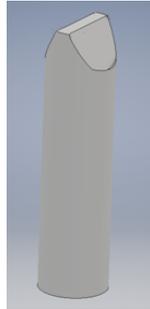


Figura 26. Punzón nuevo

Este punzón al ser más consistente tiene una perforación de mayor calidad y precisión, así como una durabilidad mucho más extendida, de esta forma el defecto de perforaciones faltantes lograría desaparecer en su totalidad.

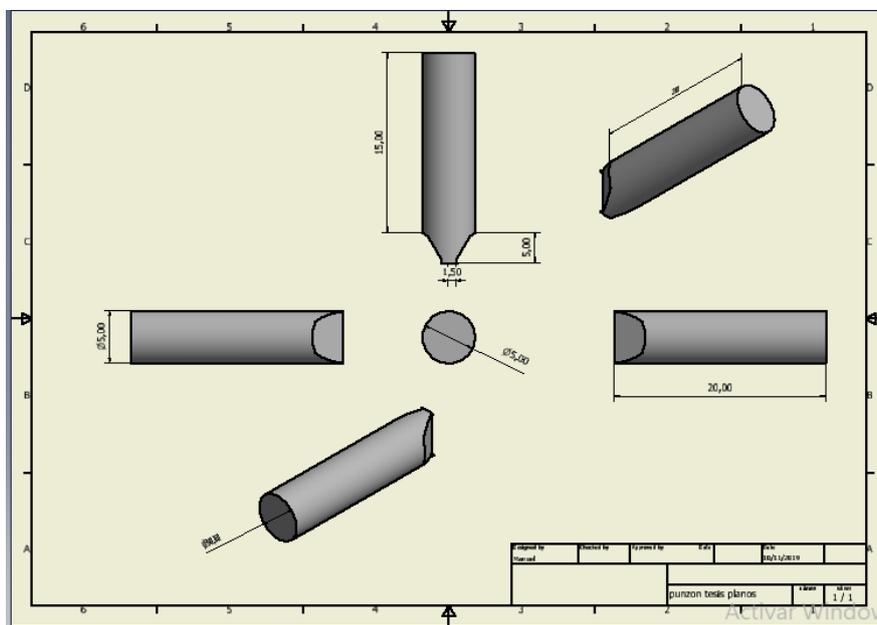


Figura 27. Plano del punzón

Con la adquisición de un punzón nuevo y más resistentes se logrará eliminar por completo la falla de perforaciones faltantes, este punzón se introduce

perfectamente en las láminas de acero, asegurando una perforación limpia y de alta calidad.

4.4.2 Topes

Estos topes son los que se utilizarán para evitar que tanto el troquel como la lámina metálica a perforar se desplace hacia un lado, evitando que la pieza tenga perforaciones desplazadas, en otras palabras, permitirá que la pieza se mantenga fija con el troquel, evitando que ésta se mueva o se desplace.

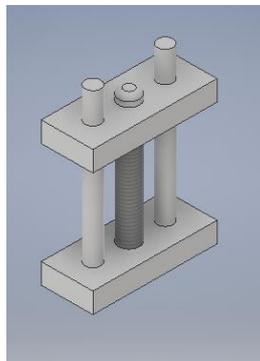


Figura 28. Topes

El uso de los topes permitirá mejorar el proceso de perforado, evitando el desplazamiento de las perforaciones y disminuyendo este defecto.

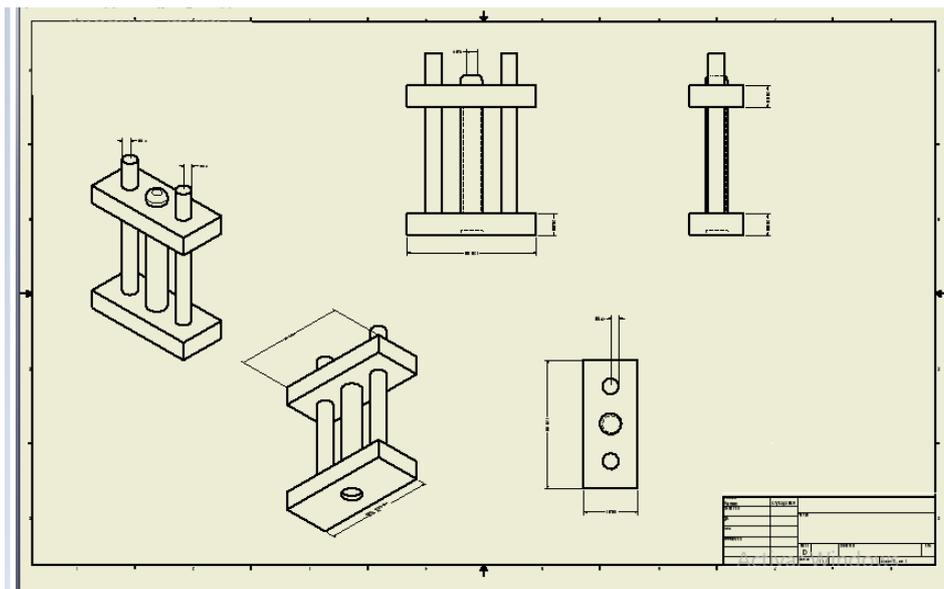


Figura 29. Plano de los topes

Con las propuestas de mejora y las herramientas que se han planteado utilizar se planea aumentar el OEE principalmente en la disponibilidad de tiempo y en la calidad.

Para el aumento de la disponibilidad de tiempo se planteó implementar TPM para reducir los tiempos de mantenimiento de las máquinas por parte de los jefes de esta área, haciendo que los mismos operarios de cada máquina realicen un mantenimiento autónomo siguiendo un plan de mantenimiento, no sin antes haber recibido una capacitación por parte de los jefes de mantenimiento. Además, también se planteó implementar SMED el cual ayudará a que el cambio de troquel a troquel sea más eficiente y en un menor tiempo, para lograr esto todas las actividades internas que se las realiza mientras la máquina esta parada se las transforma en actividades externas para poder realizar estas mismas actividades cuando la máquina siga en movimiento, logrando un mejor uso y optimización de la máquina.

En cuanto a la calidad se propuso implementar Poka-Yoke idea con la cual se planteó el uso de nuevos punzones que ayudarán a que las piezas salgan correctamente sin ninguna perforación faltante o perforaciones desplazadas, así mismo se ideó utilizar topes en los troqueles, los que ayudarán a mantener la estabilidad, con el fin de que la pieza no presente perforaciones desplazadas. Estas ideas ayudarán a reducir la producción de piezas defectuosas casi en su totalidad brindando un mejor OEE para la organización.

5. Capítulo V. Análisis de Resultados

Estos beneficios se pueden observar al momento de haber implementado las mejoras y realizar los seguimientos pertinentes para verificar su correcta implementación, la cual sea sostenible, uno de los beneficios es reducir los tiempos de montaje y desmontaje del troquel, así mismo al implementar un mantenimiento autónomo a las máquinas, estas llegan a tener menos averías en un periodo largo por lo que es menos probable de realizar un mantenimiento correctivo; y por ende se pierde menos tiempo de paros no programados. El siguiente beneficio obtenido es gracias a las 5 S, debido a que tanto el tiempo

como el espacio se optimizan trayendo grandes ventajas a la empresa, y brindando mejoras notables.

5.1. Ahorro productivo 5S

Con la propuesta de utilizar checklist para realizar seguimientos a las actividades que se realizan, más el plan de acción propuesto para aumentar la eficiencia y eficacia de las 5S, eliminando el problema y el motivo que lo causa, además de implementar un plan de capacitación para los trabajadores de la empresa, se esperaría aumentar las 5S en 16 puntos puesto que en la situación actual el puntaje obtenido es de 34 y lo que se espera alcanzar es una puntuación de 50.

5.2. Ahorro productivo TPM

En el TPM al momento de realizar mantenimiento autónomo en lugar de mantenimiento correctivo, lo que se obtendría sería una disponibilidad de tiempo más grande, ya que se reduciría el tiempo de paras no programadas al momento en el que el mismo operador sea el que realice el mantenimiento pertinente a la máquina, en lugar de esperar a que el jefe de mantenimiento solucione las fallas ya cuando el problema sea mayor y tome más tiempo solucionarlo.

5.2.1 Situación actual TPM

Tabla 84.

Tiempo de mantenimiento prensa 1500 TN situación actual

PRENSA	MES	ACTIVIDAD	ATENCIÓN MIN	SOLUCIÓN (MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1500	ENERO	MANTENIMIENTO	71	111,09	182,09	3,03
	FEBRERO	MANTENIMIENTO	10,15	72,17	82,32	1,37
	MARZO	MANTENIMIENTO	38,12	72,29	110,41	1,84
TOTAL			119,27	255,55	374,82	6,25

Tabla 85.

Tiempo de mantenimiento prensa 1000 TN situación actual

PRENSA	MES	ACTIVIDAD	ATENCIÓN MIN	SOLUCIÓN (MIN)	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1000	ENERO	MANTENIMIENTO	17,82	638,28	656,1	10,94
	FEBRERO	MANTENIMIENTO	12,62	120,95	133,57	2,23
	MARZO	MANTENIMIENTO	23,47	41,29	64,76	1,08
TOTAL			53,91	800,52	854,43	14,24

Tabla 86.

Tiempo de mantenimiento prensa 50 TN situación actual

PRENSA	MES	ACTIVIDAD	ATENCIÓN MIN	SOLUCIÓN MIN	TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 50	ENERO	MANTENIMIENTO	24,25	601,19	625,44	10,42
	FEBRERO	MANTENIMIENTO	15,81	196,6	212,41	3,54
	MARZO	MANTENIMIENTO	6,18	0,68	6,86	0,11
TOTAL			46,24	798,47	844,71	14,08

Al observar el tiempo que se tarda en realizar los mantenimientos a las máquinas de 1500, 1000 y 50 toneladas en los meses de Enero, Febrero y Marzo, se observa que existe una pérdida de tiempo total de 2073.96 minutos, es decir un total de 34.57 horas, tiempo que se puede reducir al realizar mantenimiento autónomo, en lugar de esperar a un mantenimiento correctivo por parte del área de mantenimiento. Es por esto que al proponer la implementación de TPM dentro de la empresa se logra realizar todas las actividades de mantenimiento autónomo en 36 minutos Tabla 65, y se los realiza 2 veces al mes, dando un total de 72 minutos al mes, brindando un gran ahorro a la hora de realizar el mantenimiento.

5.3. Ahorro productivo SMED

Gracias al ahorro productivo que se logra al convertir las actividades internas en externas, disminuyendo los tiempos de montaje y desmontaje de los troqueles, se obtiene un ahorro productivo notable, disminuyendo las paras no programadas que se generan al momento de realizar dichos cambios.

5.3.1 Situación actual SMED

En la tabla 80. se muestra el tiempo actual empleado en el área de producción para montaje y desmontaje de troqueles, tomando en cuenta las operaciones internas y externas que se aplican, mostrando grandes pérdidas de tiempo durante toda esta actividad.

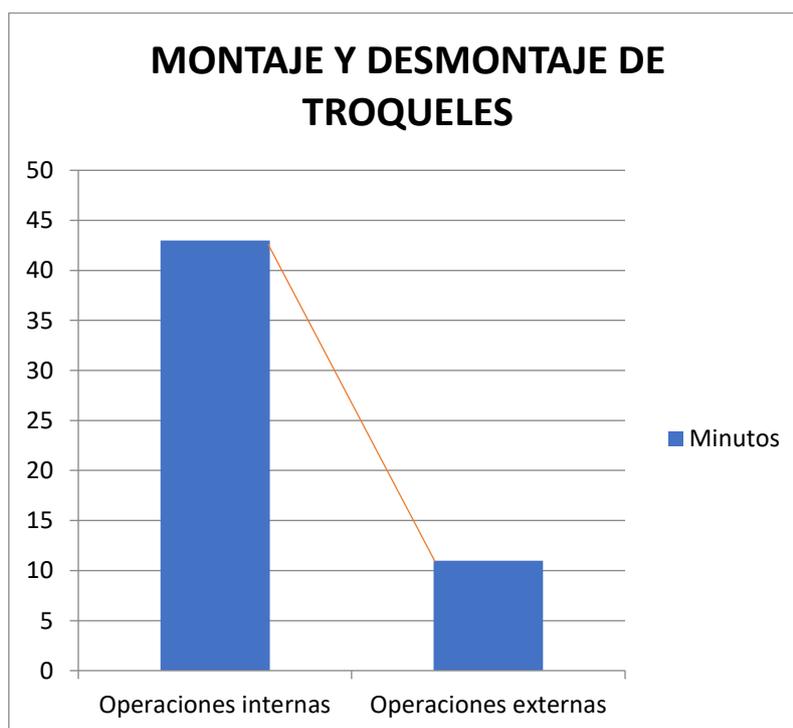


Figura 30. Situación actual del montaje y desmontaje de troqueles

5.3.2 Situación futura SMED

En la tabla 83. se muestra el tiempo futuro que se empleará en el área de producción para montaje y desmontaje de troqueles, ya transformando las actividades internas en externas, mostrando ciertos ahorros en el tiempo a la hora de montar y desmontar los troqueles, ahorrándose un total de 9 minutos por cada troquel que se cambia al día, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene un total de 378 minutos o 6.3 horas de ahorro al mes dando como resultado una disponibilidad de tiempo mayor.

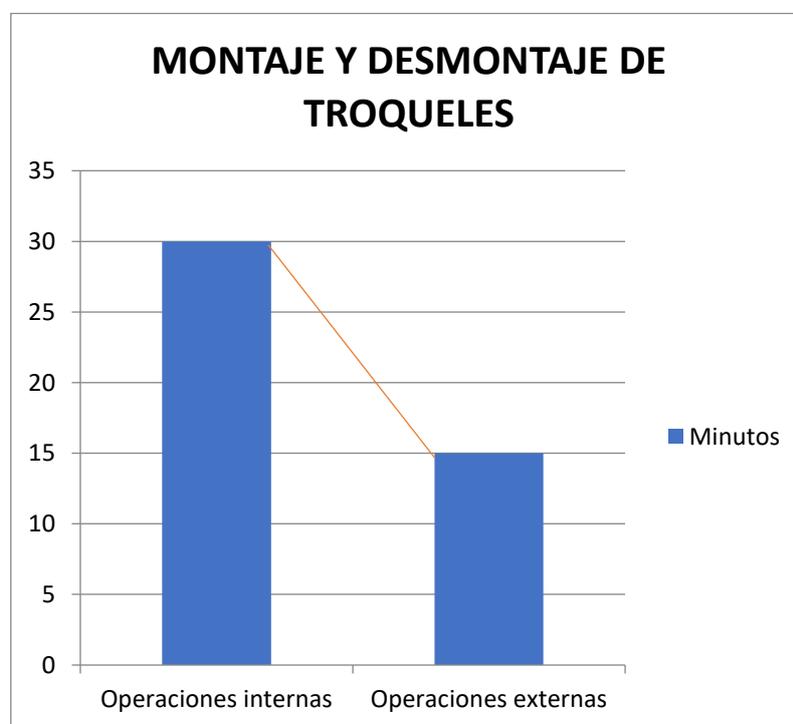


Figura 31. Situación futura del montaje y desmontaje de troqueles.

Estas disminuciones en los tiempos de montaje y desmontaje de los troqueles más la reducción de tiempo a la hora de hacer mantenimientos autónomos en lugar de correctivos permitirá tener un aumento en la disponibilidad de tiempo, una reducción de paras no programadas y por ende un aumento del OEE.

5.4. Análisis del OEE

Aplicando las soluciones planteadas en esta propuesta de mejora se logra obtener una mejora en el OEE tanto en disponibilidad de tiempo como en calidad, lo cual se demuestra a continuación.

Tabla 87.

Tabla comparativa prensa 1500 TN mes de enero

TABLA COMPARATIVA PRENSA 1500 TONELADAS							
SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN FUTURA			
PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA				PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA			
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE ENERO		MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE ENERO	
		TOTAL MIN	TOTAL HORAS			TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1500 TN	MANTENIMIENTO	182,09	3,03	PRENSA 1500 TN	MANTENIMIENTO	72	1,20
	HERRAMENTAL	319,62	5,33		HERRAMENTAL	319,62	5,33
	MONTACARGAS /PUENTE GRUA	795,57	13,26		MONTACARGAS /PUENTE GRUA	417,57	6,96
	CALIDAD	293,95	4,90		CALIDAD	293,95	4,90
	MATERIA PRIMA	0	0,00		MATERIA PRIMA	0	0,00
SUBTOTAL		1591,23	26,5	SUBTOTAL		1103,14	18,4

En el mes de Enero en la incidencia de “mantenimiento” se logra reducir el tiempo notablemente al proponer un plan de mantenimiento autónomo el cual únicamente toma 72 minutos en hacerlo como se muestra en la tabla 67.

Asimismo, en la incidencia “montacargas y puente grúa” se logra un ahorro de 378 minutos, debido a que se logra un ahorro de 9 minutos al realizar el montaje y desmontaje de los troqueles, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene ahorro de 378 minutos al mes.

Al implementar la propuesta de mejora se lograría obtener una mejora de un 30.6% de la situación actual a la situación futura.

Tabla 88.

Tabla comparativa prensa 1500 TN mes de febrero

PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA				PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA			
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE FEBRERO		MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE FEBRERO	
		TOTAL MIN	TOTAL HORAS			TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1500 TN	MANTENIMIENTO	82,32	1,37	PRENSA 1500 TN	MANTENIMIENTO	72	1,20
	HERRAMENTAL	230,48	3,84		HERRAMENTAL	230,48	3,84
	MONTACARGAS/PUENTE GRUA	679,97	11,33		MONTACARGAS/PUENTE GRUA	301,97	5,03
	CALIDAD	57,21	0,95		CALIDAD	57,21	0,95
	MATERIA PRIMA	16,29	0,27		MATERIA PRIMA	16,29	0,27
SUBTOTAL		1066,27	17,8	SUBTOTAL		677,95	11,3

En el mes de Febrero en la incidencia de “mantenimiento” se logra reducir el tiempo notablemente al proponer un plan de mantenimiento autónomo el cual únicamente toma 72 minutos en hacerlo como se muestra en la tabla 67.

Asimismo, en la incidencia “montacargas y puente grúa” se logra un ahorro de 378 minutos, debido a que se logra un ahorro de 9 minutos al realizar el montaje y desmontaje de los troqueles, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene ahorro de 378 minutos al mes.

Al implementar la propuesta de mejora se lograría obtener una mejora de un 36.5% de la situación actual a la situación futura.

Tabla 89.

Tabla comparativa prensa 1500 TN mes de marzo

SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN FUTURA			
PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA				PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA			
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE MARZO		MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE MARZO	
		TOTAL MIN	TOTAL HORAS			TOTAL MIN	TOTAL HORAS
Prensa 1500 TN	MANTENIMIENTO	110,41	1,84	Prensa 1500 TN	MANTENIMIENTO	72	1,20
	HERRAMENTAL	351,02	5,85		HERRAMENTAL	351,02	5,85
	MONTACARGAS /PUENTE GRUA	614,08	10,23		MONTACARGAS /PUENTE GRUA	236,08	3,93
	CALIDAD	0	0,00		CALIDAD	0	0,00
	MATERIA PRIMA	0	0,00		MATERIA PRIMA	0	0,00
SUBTOTAL		1075,51	17,9	SUBTOTAL		659,1	11,0

En el mes de Marzo en la incidencia de “mantenimiento” se logra reducir el tiempo notablemente al proponer un plan de mantenimiento autónomo el cual únicamente toma 72 minutos en hacerlo como se muestra en la tabla 67.

Asimismo, en la incidencia “montacargas y puente grúa” se logra un ahorro de 378 minutos, debido a que se logra un ahorro de 9 minutos al realizar el montaje y desmontaje de los troqueles, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene ahorro de 378 minutos al mes.

Al implementar la propuesta de mejora se lograría obtener una mejora de un 38.5% de la situación actual a la situación futura.

También al haber propuesto la implementación de TPM, SMED, 5S y Poka Yoke se demostró una disminución en el índice de piezas defectuosas en un 50% demostrado a continuación

Tabla 90.

Registro de producto no conforme con exceso de rebabas

REGISTRO DE PRODUCTO NO CONFORME AL MES				
Referencia: Documento IATF 16949, Normas ISO				
Nombre de la parte/producto	Cantidad piezas defectuosas	OP/ Operación que genera el defecto	Defecto	Disposición final
Oreja de montaje	540	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Oreja de montaje	215	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Oreja de montaje	100	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Oreja de montaje	60	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Oreja de montaje	58	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Total (h)}}$$

Tiempo operativo: Ahora las paras programadas han disminuido su tiempo por la propuesta de implementación de SMED y TPM, siendo el tiempo operativo total de 149,6 horas operativas en el mes de enero, 150,2 en el mes de Febrero y 150,1 en el mes de Marzo.

Nota: Los nuevos valores del tiempo operativo se los obtiene al restar los 168 horas que se deberían trabajar al mes, menos el nuevo valor del total de horas trabajadas.

Finalmente para calcular la disponibilidad se debe dividir el tiempo operativo con el tiempo disponible total al mes

Tabla 91.

Tiempo operativo situación futura prensa 1500 TN

	Mes	tiempo total h	tiempo operativo
--	------------	-----------------------	-------------------------

PRENSA 1500 TN	Enero	168	149,6
	Febrero	168	156,7
	Marzo	168	157

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = \frac{149,6}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = 89\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = \frac{156,7}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = 93\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Marzo)} = \frac{157}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Marzo)} = 93\%$$

Rendimiento:

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 1500 Ton)} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Capacidad Productiva}}$$

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 1500 Ton)} = \frac{3000 \text{ u/mes}}{3500 \text{ u/mes}}$$

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 1500 Ton)} = 85\%$$

Calidad: Al momento de la fabricación del bracket montaje superior se ha identificado que un 4% de las piezas salen defectuosas al momento de realizar la puesta en marcha, este porcentaje es un valor fijo que siempre se obtendrá al

terminar con un lote y obtener la 1ra pieza que cumple con los parametros del siguiente lote.

Con la finalidad de poner en marcha la linea de producción, hay ciertos parámetros que deben ser tomados en cuenta tales como verificar si la prensa esta limpia, identificar cuál es el troquel que se va a utilizar, preparar a los trabajadores con el EPP adecuado, todo esto lleva un tiempo aproximado de 1 hora hasta que salga la primera pieza que cumpla con todas las especificaciones y parámetros establecidos en las hojas de procesos.

Se ha analizado que al mes se producen 3000 piezas de bracket montaje superior, tomando en cuenta el 4% de piezas defectuosas y que con la propuesta de mejora de las herramientas lean se espera erradicar casi en su totalidad las piezas defectuosas, únicamente se obtendria por lote el 4% de defectos, dando un total de 120 piezas defectuosas al mes y 2880 piezas que cumplen con las especificaciones de las hojas de procesos.

$$CALIDAD = \frac{\text{Total piezas fabricadas al mes} - \text{Piezas NoOK}}{\text{Total piezas fabricadas}}$$

$$CALIDAD (\text{Oreja de Montaje}) = \frac{3000 - 120}{3000}$$

$$CALIDAD (\text{Oreja de Montaje}) = \frac{2880}{3000}$$

$$CALIDAD (\text{Oreja de Montaje}) = 96\%$$

OEE:

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Tabla 92.

Cálculo del OEE prensa 1500 TN situación futura

	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
OEE Prensa 1500 TN	92%	85%	96%	75%

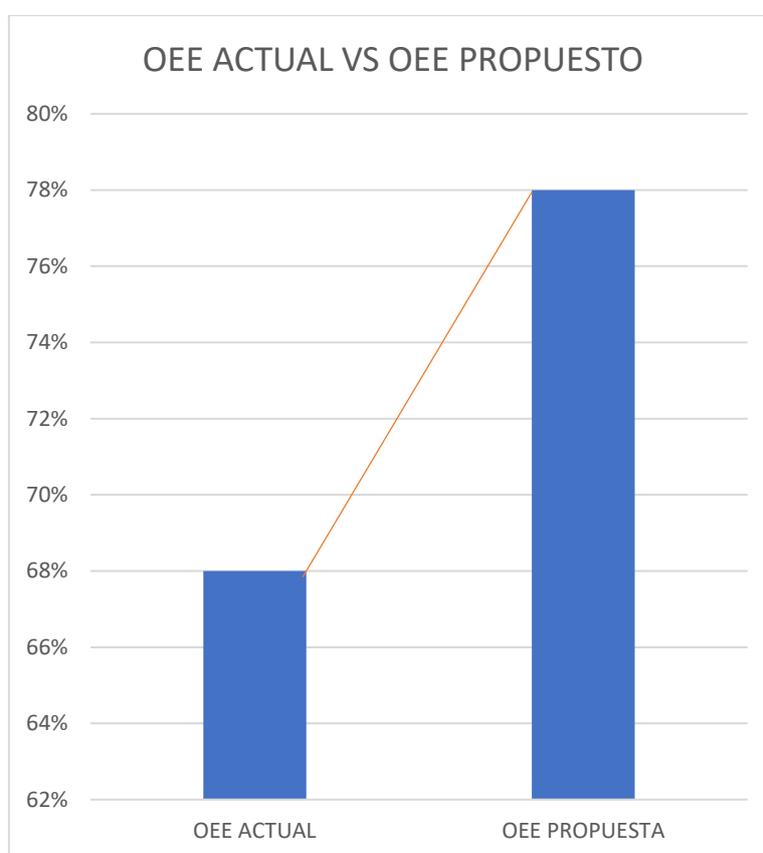


Figura 32. OEE actual vs OEE propuesto prensa 1500 TN

El OEE actual subiría de un 50% a un 75%, es decir estaría aumentando en un 25% con la propuesta de mejora dada.

Tabla 93.

Tabla comparativa prensa 1000 TN mes de enero

TABLA COMPARATIVA PRENSA 1000 TONELADAS							
SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN FUTURA			
PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA				PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA			
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE ENERO		MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE ENERO	
		TOTAL MIN	TOTAL HORAS			TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1000 TN	MANTENIMIENTO	656,1	10,94	PRENSA 1000 TN	MANTENIMIENTO	72	1,20
	HERRAMENTAL	432,12	7,20		HERRAMENTAL	432,12	7,20
	MONTACARGAS /PUENTE GRUA	491,95	8,20		MONTACARGAS /PUENTE GRUA	113,95	1,90
	CALIDAD	142,85	2,38		CALIDAD	142,85	2,38
	MATERIA PRIMA	38,22	0,64		MATERIA PRIMA	38,22	0,64
SUBTOTAL		1761,2	29,4	SUBTOTAL		799,1	13,3

En el mes de Enero en la incidencia de “mantenimiento” se logra reducir el tiempo notablemente al proponer un plan de mantenimiento autónomo el cual únicamente toma 72 minutos en hacerlo como se muestra en la tabla 67.

Asimismo, en la incidencia “montacargas y puente grúa” se logra un ahorro de 378 minutos, debido a que se logra un ahorro de 9 minutos al realizar el montaje y desmontaje de los troqueles, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene ahorro de 378 minutos al mes.

Al implementar la propuesta de mejora se lograría obtener una mejora de un 54.7% de la situación actual a la situación futura.

Tabla 94.

Tabla comparativa prensa 1000 TN mes de febrero

TABLA COMPARATIVA							
SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN FUTURA			
PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA				PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA			
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE FEBRERO		MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE FEBRERO	
		TOTAL MIN	TOTAL HORAS			TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1000 TN	MANTENIMIENTO	133,57	2,23	PRENSA 1000 TN	MANTENIMIENTO	72	1,20
	HERRAMENTAL	432,03	7,20		HERRAMENTAL	432,03	7,20
	MONTACARGAS /PUENTE GRUA	1669,9	27,83		MONTACARGAS /PUENTE GRUA	1291,9	21,53
	CALIDAD	0	0,00		CALIDAD	0	0,00
	MATERIA PRIMA	35,78	0,60		MATERIA PRIMA	35,78	0,60
SUBTOTAL		2271,3	37,9	SUBTOTAL		1831,7	30,5

En el mes de Febrero en la incidencia de “mantenimiento” se logra reducir el tiempo notablemente al proponer un plan de mantenimiento autónomo el cual únicamente toma 72 minutos en hacerlo como se muestra en la tabla 67.

Asimismo, en la incidencia “montacargas y puente grúa” se logra un ahorro de 378 minutos, debido a que se logra un ahorro de 9 minutos al realizar el montaje y desmontaje de los troqueles, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene ahorro de 378 minutos al mes.

Al implementar la propuesta de mejora se lograría obtener una mejora de un 19.5% de la situación actual a la situación futura.

Tabla 95.

Tabla comparativa prensa 1000 TN mes de marzo

TABLA COMPARATIVA							
SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN FUTURA			
PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA				PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA			
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE MARZO		MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE MARZO	
		TOTAL MIN	TOTAL HORAS			TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 1000 TN	MANTENIMIENTO	64,76	1,08	PRENSA 1000 TN	MANTENIMIENTO	72	1,20
	HERRAMENTAL	332,02	5,53		HERRAMENTAL	332,02	5,53
	MONTACARGAS /PUENTE GRUA	437,29	7,29		MONTACARGAS /PUENTE GRUA	59,29	0,99
	CALIDAD	0	0,00		CALIDAD	0	0,00
	MATERIA PRIMA	28,98	0,48		MATERIA PRIMA	28,98	0,48
SUBTOTAL		863,1	14,4	SUBTOTAL		492,3	8,2

En el mes de Marzo en la incidencia de “mantenimiento” se logra reducir el tiempo notablemente al proponer un plan de mantenimiento autónomo el cual únicamente toma 72 minutos en hacerlo como se muestra en la tabla 67.

Asimismo, en la incidencia “montacargas y puente grúa” se logra un ahorro de 378 minutos, debido a que se logra un ahorro de 9 minutos al realizar el montaje y desmontaje de los troqueles, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene ahorro de 378 minutos al mes.

Al implementar la propuesta de mejora se lograría obtener una mejora de un 43% de la situación actual a la situación futura.

Tabla 96.

Registro producto no conforme con perforaciones desplazadas

REGISTRO DE PRODUCTO NO CONFORME				
Referencia: Documento IATF 16949, Normas ISO				
Nombre de la parte/producto	Cantidad piezas defectuosas	OP/ Operación que genera el defecto	Defecto	Disposición final
Bracket montaje superior	99	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	120	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	86	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	69	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	132	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	29	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	95	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	114	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket montaje superior	59	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Total (h)}}$$

Tiempo operativo: Este tiempo resulta de la resta de el tiempo de paras programadas y paras no programadas, dando un total de 138,6 horas operativas en el mes de enero, 130,1 en el mes de Febrero y 153,6 en el mes de Marzo.

Finalmente para calcular la disponibilidad se debe dividir el tiempo operativo con el tiempo disponible total al mes.

Tabla 97.

Tiempo operativo situación futura prensa 1000 TN

PRENSA 1000 TN	Mes	Tiempo total h	Tiempo operativo
	Enero	168	154,7
	Febrero	168	137,5
	Marzo	168	159,8

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = \frac{154.7}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = 92\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = \frac{137.5}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = 82\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Marzo)} = \frac{159.8}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Marzo)} = 95\%$$

Rendimiento

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 1500 Ton)} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Capacidad Productiva}}$$

$$\text{RENDIMIENTO (Máquina 1000 Ton)} = \frac{3000 \text{ u/mes}}{3500 \text{ u/mes}}$$

$$\text{RENDIMIENTO (Máquina 1000 Ton)} = 85\%$$

Calidad: Al momento de la fabricación del bracket montaje superior se ha identificado que un 4% de las piezas salen defectuosas al momento de realizar la puesta en marcha, este porcentaje es un valor fijo que siempre se obtendrá al terminar con un lote y obtener la 1ra pieza OK del siguiente lote.

Se ha analizado que al mes se producen 3000 piezas de bracket montaje superior, y tomando en cuenta el 4% de piezas defectuosas; con la propuesta de mejora de las herramientas lean se espera erradicar casi en su totalidad las piezas defectuosas, unicamente se obtendría por lote el 4% de defectos, dando un total de 120 piezas defectuosas al mes y 2880 piezas OK.

$$\text{CALIDAD} = \frac{\text{Total piezas fabricadas al mes} - \text{Piezas NoOK}}{\text{Total piezas fabricadas}}$$

$$\text{CALIDAD (Bracket montaje superior)} = \frac{3000 - 120}{3000}$$

$$\text{CALIDAD (Bracket montaje superior)} = \frac{2880}{3000}$$

$$\text{CALIDAD (Bracket montaje superior)} = 96\%$$

OEE:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Tabla 98.

Cálculo del OEE prensa 1000 TN situación futura

	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
OEE Prensa 1000 TN	90%	85%	96%	73%

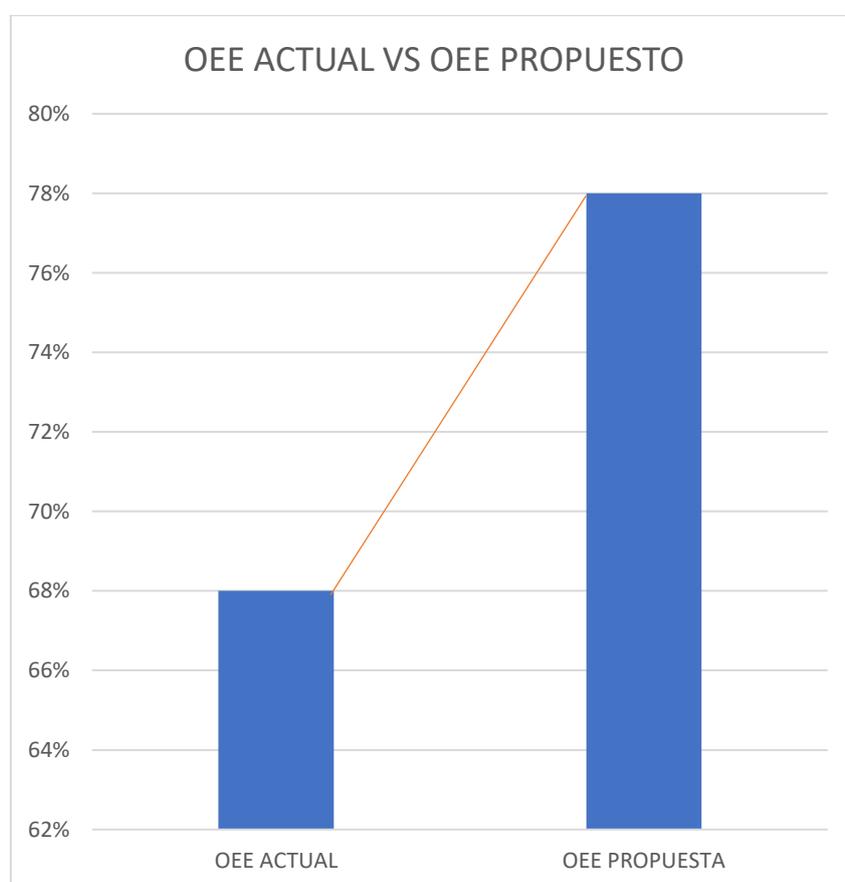


Figura 33. OEE actual vs OEE propuesto prensa 1000 TN

El OEE actual subiría de un 51% a un 73%, es decir estaría aumentando en un 22% con la propuesta de mejora dada.

Tabla 99.

Tabla comparativa prensa 50 TN mes de enero

TABLA COMPARATIVA PRENSA 50 TONELADAS							
SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN FUTURA			
PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA				PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA			
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE ENERO		MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE ENERO	
		TOTAL MIN	TOTAL HORAS			TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 50 TN	MANTENIMIENTO	625,44	10,42	PRENSA 50 TN	MANTENIMIENTO	72	1,20
	HERRAMENTAL	0	0,00		HERRAMENTAL	0	0,00
	MONTACARGAS /PUENTE GRUA	495,88	8,26		MONTACARGAS /PUENTE GRUA	117,88	1,96
	CALIDAD	237,55	3,96		CALIDAD	237,55	3,96
	MATERIA PRIMA	0	0,00		MATERIA PRIMA	0	0,00
SUBTOTAL		1358,87	22,65	SUBTOTAL		427,43	7,12

En el mes de Enero en la incidencia de “mantenimiento” se logra reducir el tiempo notablemente al proponer un plan de mantenimiento autónomo el cual únicamente toma 72 minutos en hacerlo como se muestra en la tabla 67.

Asimismo, en la incidencia “montacargas y puente grúa” se logra un ahorro de 378 minutos, debido a que se logra un ahorro de 9 minutos al realizar el montaje y desmontaje de los troqueles, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene ahorro de 378 minutos al mes.

Al implementar la propuesta de mejora se lograría obtener una mejora de un 68.5% de la situación actual a la situación futura.

Tabla 100.

Tabla comparativa prensa 50 TN mes de febrero

TABLA COMPARATIVA							
SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN FUTURA			
PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA				PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA			
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE FEBRERO		MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE FEBRERO	
		TOTAL MIN	TOTAL HORAS			TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 50 TN	MANTENIMIENTO	212,41	3,54	PRENSA 400 TN	MANTENIMIENTO	72	1,20
	HERRAMENTAL	26,67	0,44		HERRAMENTAL	26,67	0,44
	MONTACARGAS /PUENTE GRUA	53,46	0,89		MONTACARGAS /PUENTE GRUA	0	0,00
	CALIDAD	77,63	1,29		CALIDAD	77,63	1,29
	MATERIA PRIMA	0	0,00		MATERIA PRIMA	0	0,00
SUBTOTAL		370,17	6,17	SUBTOTAL		176,3	2,94

En el mes de Febrero en la incidencia de “mantenimiento” se logra reducir el tiempo notablemente al proponer un plan de mantenimiento autónomo el cual únicamente toma 72 minutos en hacerlo como se muestra en la tabla 67.

Asimismo, en la incidencia “montacargas y puente grúa” se logra un ahorro de 378 minutos, debido a que se logra un ahorro de 9 minutos al realizar el montaje y desmontaje de los troqueles, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene ahorro de 378 minutos al mes.

Al implementar la propuesta de mejora se lograría obtener una mejora de un 47.6% de la situación actual a la situación futura.

Tabla 101.

Tabla comparativa prensa 50 TN mes de marzo

TABLA COMPARATIVA							
SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN FUTURA			
PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA				PARO DE MÁQUINA POR INCIDENCIA			
MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE MARZO		MÁQUINA	INCIDENCIA	MES DE MARZO	
		TOTAL MIN	TOTAL HORAS			TOTAL MIN	TOTAL HORAS
PRENSA 50 TN	MANTENIMIENTO	16,86	0,11	PRENSA 400 TN	MANTENIMIENTO	72	1,20
	HERRAMENTAL	28,53	0,48		HERRAMENTAL	28,53	0,48
	MONTACARGAS /PUENTE GRUA	55,2	0,92		MONTACARGAS /PUENTE GRUA	0	0,00
	CALIDAD	0	0,00		CALIDAD	0	0,00
	MATERIA PRIMA	0	0,00		MATERIA PRIMA	0	0,00
SUBTOTAL		90,59	1,68	SUBTOTAL		100,53	1,67

En el mes de Marzo en la incidencia de “mantenimiento” se logra reducir el tiempo notablemente al proponer un plan de mantenimiento autónomo el cual únicamente toma 72 minutos en hacerlo como se muestra en la tabla 67.

Asimismo, en la incidencia “montacargas y puente grúa” se logra un ahorro de 378 minutos, debido a que se logra un ahorro de 9 minutos al realizar el montaje y desmontaje de los troqueles, tomando en cuenta que los troqueles se cambian 2 veces al día por 21 días laborables se obtiene ahorro de 378 minutos al mes.

Al implementar la propuesta de mejora se lograría obtener una mejora de un 1% de la situación actual a la situación futura.

Tabla 102.

Registro de producto no conforme con perforación faltante

REGISTRO DE PRODUCTO NO CONFORME				
Referencia: Documento IATF 16949, Normas ISO				
Nombre de la parte/producto	Cantidad piezas defectuosas	OP/ Operación que genera el defecto	Defecto	Disposición final
Panel de balde sin perforaciones	59	Perforado	Perforación faltante	SCRAP
Panel de balde con perforación	155	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde sin perforación	199	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde sin perforaciones	101	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde con perforaciones	92	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel balde con perforaciones	96	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel balde sin perforaciones	94	Perforado	Perforación faltante	SCRAP
Panel de balde con perforación	131	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde sin perforación	62	Perforado	Perforación faltante	SCRAP

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Total (h)}}$$

Tiempo operativo: Este tiempo resulta de la resta de el tiempo de paras programadas y paras no programadas, dando un total de 160,8 horas operativas en el mes de enero, 165,06 en el mes de Febrero y 166,32 en el mes de Marzo.

Finalmente para calcular la disponibilidad se debe dividir el tiempo operativo con el tiempo disponible total al mes.

Tabla 103.

Tiempo operativo situación futura prensa 50 TN

PRENSA 50 TN	Mes	Tiempo total h	Tiempo operativo
	Enero	168	160,8
	Febrero	168	165,06
	Marzo	168	166,32

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = \frac{160.8}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Enero)} = 96\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = \frac{165.06}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Febrero)} = 98\%$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Marzo)} = \frac{166.32}{168}$$

$$DISPONIBILIDAD \text{ (Mes de Marzo)} = 99\%$$

Rendimiento:

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 50 Ton)} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Capacidad Productiva}}$$

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 50 Ton)} = \frac{2700 \text{ u/mes}}{3100 \text{ u/mes}}$$

$$RENDIMIENTO \text{ (Máquina 50 Ton)} = 87\%$$

Calidad:

Al momento de la fabricación de los paneles de balde con y sin perforaciones se ha identificado de un 6% de las piezas salen defectuosas al momento de realizar la puesta en marcha, este porcentaje es un valor fijo que siempre se obtendrá al terminar con un lote y obtener la 1ra pieza que cumple con los parámetros del siguiente lote.

Se ha analizado que al mes se producen 2700 piezas de panel balde con perforaciones y 2700 piezas de panel balde sin perforaciones, y tomando en cuenta el 6% de piezas defectuosas y que con la propuesta de mejora de las herramientas lean se espera erradicar casi en su totalidad las piezas defectuosas, únicamente se obtendría por lote el 6% de defectos, dando un total de 162 piezas defectuosas al mes y 2538 piezas OK.

$$CALIDAD = \frac{\text{Total piezas fabricadas al mes} - \text{Piezas NoOK}}{\text{Total piezas fabricadas}}$$

$$CALIDAD (\text{Panel balde sin perforaciones}) = \frac{2700 - 162}{2700}$$

$$CALIDAD (\text{Panel balde sin perforaciones}) = \frac{2538}{2700}$$

$$CALIDAD (\text{Panel balde sin perforaciones}) = 94\%$$

$$CALIDAD (\text{Panel balde con perforaciones}) = \frac{2700 - 162}{2700}$$

$$CALIDAD (\text{Panel balde con perforaciones}) = \frac{2538}{2700}$$

$$CALIDAD (\text{Panel balde con perforaciones}) = 94\%$$

OEE:

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Tabla 104.

Cálculo del OEE prensa 50 TN situación futura

	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
OEE Prensa 50 TN	98%	87%	94%	80%

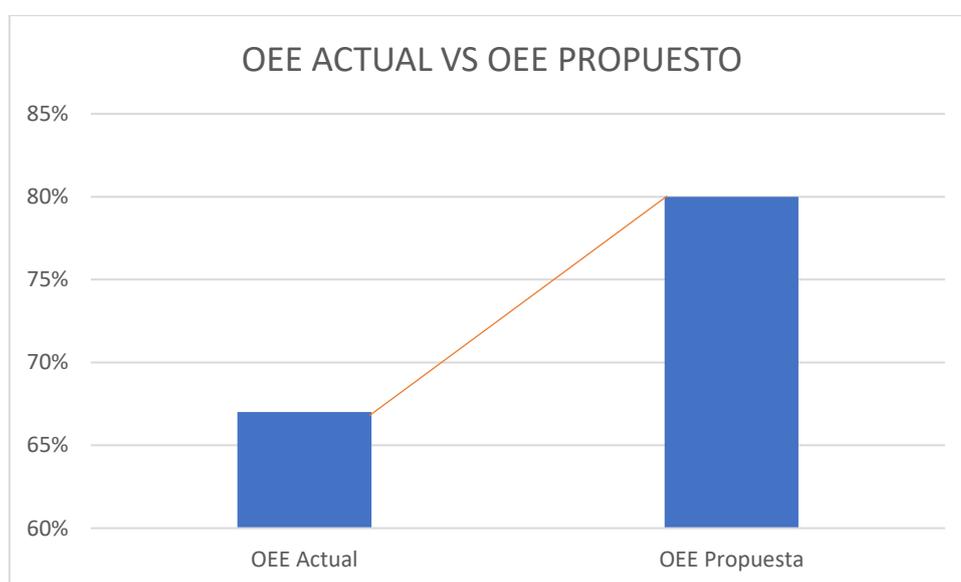


Figura 34. OEE actual vs OEE propuesto prensa 50 TN

El OEE actual subiría de un 67% a un 80%, es decir estaría aumentando en un 13% con la propuesta de mejora dada.

5.5. Análisis económico

En el análisis económico se expresará mediante tablas los beneficios económicos que se lograrían obtener gracias a la implementación de la mejora, ya sea por la reducción de piezas defectuosas, que por ende representará mejoras en la calidad de la fabricación de piezas, y por otro lado el aumento de disponibilidad de tiempo por parte de los trabajadores.

Tabla 105.

Gastos en compra de láminas para la fabricación de las piezas

LÁMINAS DE METAL	PRECIO (USD)	CANTIDAD DE LÁMINAS AL MES	PRECIO TOTAL
Láminas Panel Balde con/sin perforaciones	\$ 8,90	1350	\$ 12.015,00
Láminas Oreja de Montaje	\$ 12,95	600	\$ 7.770,00
Láminas Bracket Montaje Superior	\$ 9,00	300	\$ 2.700,00
		2250	\$ 22.485,00

La empresa siempre tendrá que tener este gasto puesto que su principal materia prima son las láminas de metal. Con el precio unitario de las láminas, más la cantidad de láminas que utilizan para cada pieza se observa que se realiza un gasto de \$22.485,00 dólares al mes.

Tabla 106.

Piezas obtenidas por lámina.

LÁMINAS DE METAL	PIEZAS POR CADA LÁMINA
Láminas Panel Balde con/sin perforaciones	4
Láminas Oreja de Montaje	5
Láminas Bracket Montaje Superior	10

Hay que tomar en cuenta también la cantidad de piezas que sale por lámina, es decir que por cada lámina utilizada salen 4 unidades de panel balde con perforaciones, 4 de panel balde sin perforaciones, 5 de Oreja de Montaje y 10 de Bracket Montaje Superior.

Tabla 107.

Total de láminas desechadas por defectos

	PIEZAS DEFECTUOSAS	LÁMINAS DESECHADAS	TOTAL
Láminas Panel Balde con/sin perforaciones	989	247	\$2.200,53
Láminas Oreja de Montaje	973	195	\$2.520,07
Láminas Bracket Montaje Sup.	803	80	\$722,70
TOTAL	2765	522	\$5.443,30

En esta tabla se muestra todas las piezas defectuosas que se identificaron al momento de realizar en análisis del diagrama de Pareto al igual que la cantidad de láminas desechadas que se tienen, esto quiere decir que en el caso del panel balde con y sin perforaciones se obtuvo un total de 989 piezas defectuosas, y gracias a los datos de la tabla: "*Piezas obtenidas por lámina*" se observa que en esta pieza se realizan 4 piezas por cada lámina, si dividimos las 989 piezas defectuosas y las 4 piezas que salen por lámina se obtiene un total de 247 láminas desechadas.

Finalmente se multiplica el valor de las láminas desechadas y el valor unitario de dicha lamina obteniendo el valor de \$2.200,53 valor que se lo tomaría como una pérdida para la empresa.

Nota: Este proceso se hace para las demás láminas.

Finalmente se obtiene que:

- Se utilizan 1728 láminas de las 2250 adquiridas en un principio.
- Se están perdiendo \$5.443,30 dólares al mes en láminas de metal.

$$EFICIENCIA = \frac{\text{Recursos Utilizados}}{\text{Recursos planificados}}$$

$$EFICIENCIA = \frac{1728 \text{ u}}{2250 \text{ u}}$$

$$EFICIENCIA = 76.8\%$$

Al calcular la eficiencia del material utilizado en comparación al material planificado se obtiene una eficiencia de los recursos del 76.8%

5.5.1 Análisis económico con la propuesta de mejora

Tabla 108.

Total láminas desechadas por defecto con propuesta de mejora

ANÁLISIS IMPLEMENTANDO LA MEJORA

LÁMINAS DE METAL	PIEZAS DEFECTUOSAS (%)	PIEZAS DEFECTUOSAS IMPLEMENTANDO MEJORA	LÁMINAS DESECHADAS IMPLEMENTANDO LA MEJORA
Láminas Panel Balde con/sin perforaciones	12%	648	162
Láminas Oreja de Montaje	4%	120	24
Láminas Bracket Montaje Superior	4%	120	12
TOTAL	20%	888	198

En esta tabla se identifica el porcentaje de piezas defectuosas que existirá después de implementar la propuesta de mejora, tomando en cuenta que siempre habrá un porcentaje de piezas defectuosas al momento de poner la maquina en marcha. Con estos datos se obtiene un número menor de piezas defectuosas y por ende un número menor de láminas desperdiciadas logrando un beneficio económico con la propuesta.

Tabla 109.

Análisis de gastos implementando la mejora

ANÁLISIS IMPLEMENTANDO LA MEJORA	
LÁMINAS DE METAL	Gasto láminas
Láminas Panel Balde con/sin perforaciones	\$1.441,80
Láminas Oreja de Montaje	\$310,80
Láminas Bracket Montaje Superior	\$108,00
TOTAL	\$1.860,60

Finalmente se obtiene que:

- Se utilizan 2052 láminas de las 2250 adquiridas en un principio.
- Implementando la mejora se estaría perdiendo únicamente \$1.860,60 dólares al mes en láminas de metal.

$$EFICIENCIA = \frac{\text{Recursos Utilizados}}{\text{Recursos planificados}}$$

$$EFICIENCIA = \frac{2052 u}{2250 u}$$

$$EFICIENCIA = 91.2\%$$

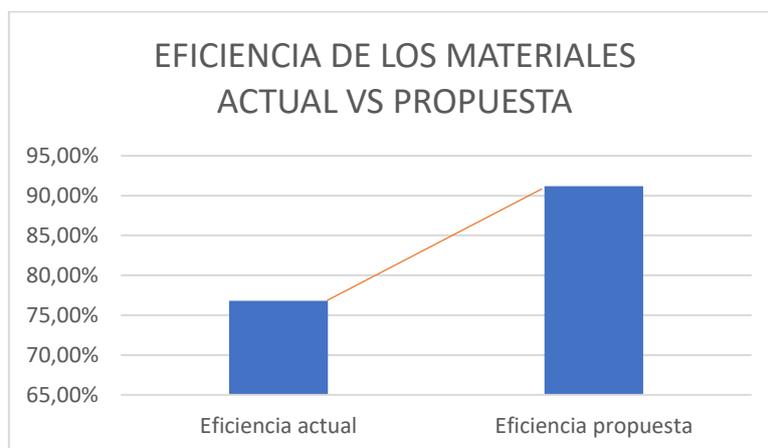


Figura 35. Eficiencia de los materiales actual vs propuesta

Al calcular la nueva eficiencia de láminas de metal utilizadas antes de la propuesta vs láminas utilizadas después, se obtiene ahora una eficiencia de recursos de 91.2%, identificando que gracias a la propuesta se ha logrado aumentar el uso de las láminas de 1728 unidades a 2052 unidades, esto quiere decir que 324 láminas ya no son desperdiciadas, generando un ahorro importante para la empresa.

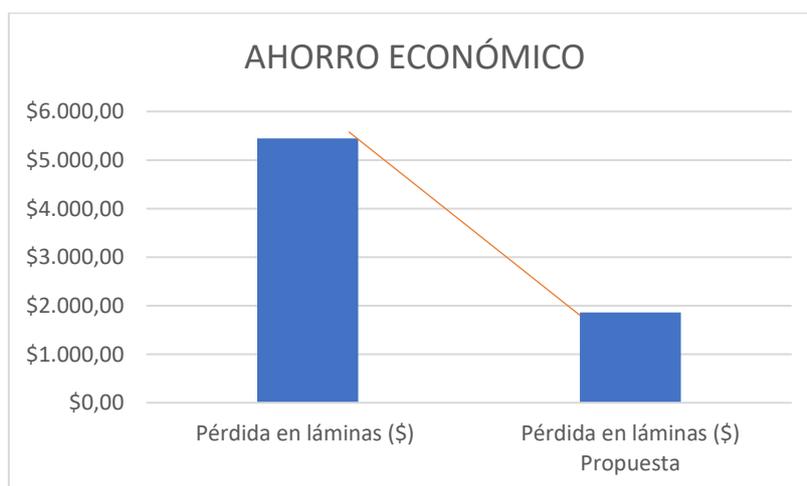


Figura 36. Ahorro de láminas actual vs propuesta

Ahora en términos económicos se observa que al inicio se tiene una pérdida de \$5.443,30 por todas las láminas que terminaban siendo desechadas, sin

embargo, después de la propuesta este valor cambia a \$1.860,60 generando un ahorro de \$3.582,70 dólares al mes.

5.5.2 Costos hora/hombre

Estos valores se calculan principalmente para demostrar como el aumento en la disponibilidad de tiempo en el OEE genera beneficios económicos también para los trabajadores.

Con el OEE analizado, la disponibilidad de tiempo era baja debido a todas las paradas programadas y no programadas, pero luego de la propuesta estos valores aumentaron, generando una disponibilidad de tiempo mayor.

Para realizar este análisis hay que tomar en cuenta que a los trabajadores se les paga un sueldo de \$525 dólares al mes, esto quiere decir que cada trabajador debería recibir un total de \$25 al día y \$3.12 la hora, sin embargo, como no todas las horas de trabajo son productivas estaría existiendo una pérdida de dinero al momento de pagar a los trabajadores puesto que no están siendo productivos en su totalidad.

5.5.2.1 Análisis de costos prensa 1500 toneladas

Tabla 110.

Análisis costo hora/hombre prensa 1500 TN situación actual

DISPONIBILIDAD PRENSA 1500 TN	Mes	ANTES		
		h/día	Costo hora/día	Costo al día
	Enero	6,74	\$3,12	\$25
	Febrero	7,15	\$3,12	\$25
	Marzo	7,15	\$3,12	\$25

Es por esta razón que al mejorar la disponibilidad de tiempo se estaría aprovechando de mejor manera el rendimiento de los trabajadores tal y como se muestra en la tabla 111.

Tabla 111.

Análisis costo hora/hombre prensa 1500 TN situación futura

DISPONIBILIDAD PRENSA 1500 TN	PROPUESTA			
	Mes	h/día	Costo hora/día	Costo al día
	Enero	7,12	\$3,12	\$25
	Febrero	7,46	\$3,12	\$25
	Marzo	7,47	\$3,12	\$25

Podemos notar que, si bien en jornada laboral en los 2 casos debería ser de 8 horas/día, el rendimiento por las propuestas de mejora planteadas aumenta en un promedio de 5% por hora/día tal y como se muestra en la tabla 112.

Tabla 112.

Tabla comparativa costos hora/hombre prensa 1500 TN

Hora/día antes	Hora/día propuesta	Diferencia horas	Porcentaje
6,74	7,12	0,38	6%
7,15	7,46	0,31	4%
7,15	7,47	0,32	4%

5.5.2.2 Análisis de costos prensa 1000 toneladas

Tabla 113.

Análisis costo hora/hombre prensa 1000 TN situación actual

DISPONIBILIDAD PRENSA 1000 TN	ANTES			
	Mes	h/día	Costo hora/día	Costo al día
	Enero	6,6	\$3,12	\$25
	Febrero	6,2	\$3,12	\$25
	Marzo	7,31	\$3,12	\$25

Al igual que en el caso de la prensa de 1500 toneladas, al mejorar la disponibilidad de tiempo se puede aprovechar de mejor manera el rendimiento de los trabajadores como se muestra en la tabla 114.

Tabla 114.

Análisis costo hora/hombre prensa 1000 TN situación futura

DISPONIBILIDAD PRENSA 1000 TN	PROPUESTA			
	Mes	h/día	Costo hora/día	Costo al día
	Enero	7,4	\$3,12	\$25
	Febrero	6,54	\$3,12	\$25
Marzo	7,6	\$3,12	\$25	

Se puede notar, al igual que en el caso anterior, que, si bien en jornada laboral en los 2 casos debería ser de 8 horas/día, el rendimiento por las propuestas de mejora planteadas aumenta en un promedio de 7% por hora/día tal y como se muestra en la tabla 115.

Tabla 115.

Tabla comparativa costos hora/hombre prensa 1000 TN

Hora/día antes	Hora/día propuesta	Diferencia	Porcentaje
6,6	7,4	0,8	12%
6,2	6,54	0,34	5%
7,31	7,6	0,29	4%

5.5.2.3 Análisis de costos prensa 50 toneladas

Tabla 116.

Análisis de costos hora/hombre prensa 50 TN situación actual

DISPONIBILIDAD PRENSA 1000 TN	ANTES			
	Mes	h/día	Costo hora/día	Costo al día
	Enero	6,92	\$3,12	\$25
	Febrero	7,7	\$3,12	\$25
Marzo	7,92	\$3,12	\$25	

Al igual que en las otras prensas, al mejorar la disponibilidad de tiempo se puede aprovechar de mejor manera el rendimiento de los trabajadores como se muestra en la tabla 117.

Tabla 117.

Análisis de costos hora/hombre prensa 50 TN situación futura

DISPONIBILIDAD PRENSA 1000 TN	PROPUESTA			
	Mes	h/día	Costo hora/día	Costo al día
	Enero	7,66	\$3,12	\$25
	Febrero	7,86	\$3,12	\$25
Marzo	7,92	\$3,12	\$25	

Igualmente, en este caso se puede observar, que, si bien en jornada laboral en los 2 casos debería ser de 8 horas/día, el rendimiento por las propuestas de mejora planteadas aumenta en un promedio de 4% por hora/día tal y como se muestra en la tabla 118.

Tabla 118.

Tabla comparativa costos hora/hombre prensa 50 TN

Hora/día antes	Hora/día propuesta	Diferencia	Porcentaje
6,92	7,66	0,74	11%
7,7	7,86	0,16	2%
7,92	7,92	0	0%

5.5.3 Productividad con respecto al OEE

Tabla 119.

Productividad del OEE antes y después

PRODUCTIVIDAD	Antes	Propuesta	Diferencia
Productividad prensa 1500 TN	50%	75%	25%
Productividad prensa 1000 TN	51%	73%	22%
Productividad prensa 50 TN	68%	78%	10%

Tabla comparativa de la productividad antes y después de la propuesta.

La productividad se la analiza con el OEE actual vs el OEE futuro generando una mejora de 25%, 22%, y 10% en la prensa de 1500, 1000 y 50 TN respectivamente

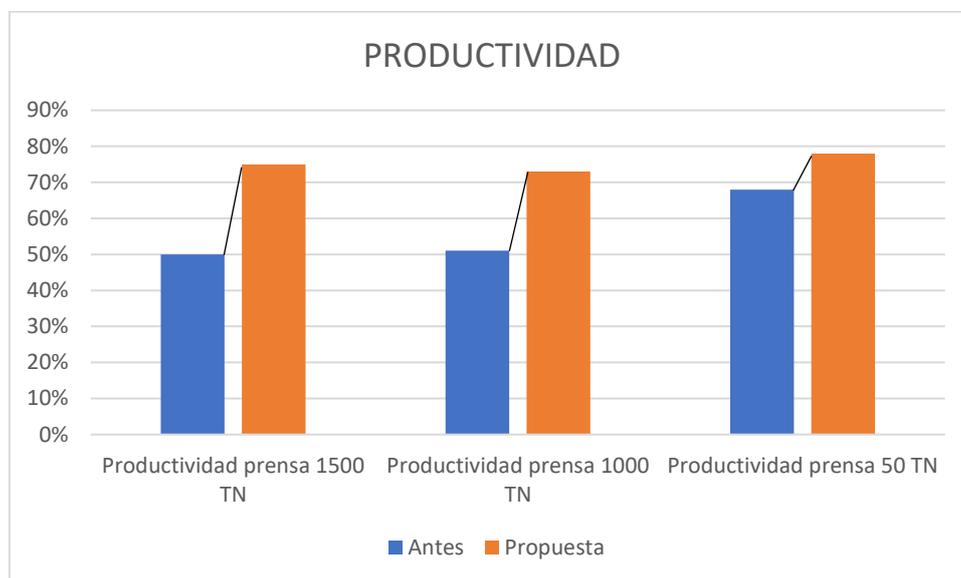


Figura 37. Gráfica comparativa de productividad.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se realizó el levantamiento de los procesos adecuadamente, entendiendo los procesos y subprocesos, e identificando cuales eran los procesos más críticos que en este caso son el proceso de perforación y corte, además de sus actividades específicas con ayuda de diagramas de flujo, identificando y analizando sus entradas y salidas de cada uno de ellos.

Se analizó los procesos en donde se identificaron fallas, recolectando la información necesaria para encontrar la causa principal de esos problemas y eliminarlos de raíz mediante el uso del diagrama de Ishikawa y el método de los 5 pasos, encontrando como principales problemas la falta de capacitación del personal, la falta de 5S, la presencia de punzones rotos y la falta de estabilidad de los topes en los troqueles al momento de colocarlos en las prensas.

Se identificaron las piezas defectuosas, al igual que el motivo por el cual son consideradas como tales, los motivos principales se debían a excesos de rebabas, perforaciones desplazadas y perforaciones faltantes en las piezas oreja de montaje, bracket montaje superior y panel balde con/sin perforaciones respectivamente.

Se diseñó la mejora continua aplicando herramientas lean tales como 5S, para mejorar el orden, la clasificación, la limpieza, la estandarización y la disciplina dentro del área de fabricación.

Se utilizó SMED, para reducir el tiempo de cambio entre troquel y troquel, transformando las actividades internas en externas.

Se utilizó TPM para realizar capacitaciones a los trabajadores de cómo realizar un mantenimiento autónomo a las máquinas y no estar a la espera de que el jefe de mantenimiento realice el mantenimiento correctivo, disminuyendo de esta manera los tiempos de paradas no programadas.

Finalmente, la última herramienta a utilizar fue Poka-Yoke, la cual nos permite eliminar ciertos de los principales defectos generados al momento de la fabricación de las piezas con ayuda de punzones nuevos y topes en los troqueles para que las perforaciones no se desplacen y no exista ausencia de las mismas. Todo esto con el fin de aumentar en rendimiento, disponibilidad de tiempo y calidad de las piezas en la empresa metalmecánica.

Al proponer las mejoras planteadas se obtuvo beneficios en el OEE de las prensas de 1500, 1000 y 50 toneladas, aumentando en un 25%, 22% y 10% respectivamente, del valor inicialmente calculado.

Se reduce notablemente el porcentaje de piezas defectuosas gracias al aumento de calidad y la propuesta de implementación de un sistema poka-yoke, el mismo que elimina por completo el problema raíz de los defectos de perforaciones desplazadas y perforaciones faltantes.

Obtener beneficios económicos, disminuyendo las paras no programadas y los defectos, aumentando la productividad y el rendimiento.

Se aumenta la eficiencia de los recursos utilizados en un 14.4% debido al ahorro de láminas generado por el aumento de la calidad.

Se obtiene un ahorro de \$3582.70 debido a que el nivel de desecho de láminas se reduciría gracias a la propuesta de mejora planteada.

6.2 Recomendaciones

Después de todos los análisis realizados podemos observar que la empresa tiene muchas oportunidades de mejora, oportunidades en las cuales la alta dirección debe estar involucrada para poder llevarlas a cabo.

Se debe implementar TPM para eliminar paras no programadas y averías en la maquinaria, con lo cual lograríamos incrementar la eficiencia de las mismas y su vida útil.

Disminuir los tiempos de ciclos con ayuda del SMED, logrando eliminar tiempos muertos en donde a pesar de que la maquina esta parada igualmente se siguen realizando actividades.

Por otro lado, se ha dado la idea de utilizar un sistema Poka-Yoke el cual permitirá que exista menos pérdida de materia prima y que las perforaciones de las piezas sean de mejor calidad, eliminando el exceso de rebabas y las perforaciones faltantes y desplazadas con ayuda de un tope o seguro logrando que tanto el troquel como la lámina o pieza a perforar se mantenga en su sitio.

Además de ello se debe capacitar al personal a cerca de cualquier tema que pueda ser pertinente para el buen manejo y entendimiento de la planta, dando la oportunidad también a los trabajadores de dar ideas de mejora.

REFERENCIAS

- AEADE. (2019). Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. Recuperado el 14 de Abril 2019 de <http://www.aeade.net/perfil-del-sector-automotor-del-ecuador/>
- Argentina*: Ministerio de Industria, Comercio y Minería. (2016). Obtenido de Organización - Seiton: [http://www.uic.org.ar/intranetpyme//edicion%202012-2013/2.%20capacitacion%20nivel%20bronce/modulo%203%20orden%20limpieza%20y%20seguridad%20161012%20%20ii%20\(1.pdf](http://www.uic.org.ar/intranetpyme//edicion%202012-2013/2.%20capacitacion%20nivel%20bronce/modulo%203%20orden%20limpieza%20y%20seguridad%20161012%20%20ii%20(1.pdf)
- Bravo, J. (2016). Gestión de Procesos. Recuperado el 28 de Junio de 2019 de https://www.academia.edu/6236588/Gestion_de_Procesos_Juan_Bravo_Carrasco
- Corporación Heflo*. (2017). Mejor continua modelado BPMN. Recuperado el 12 de Junio de 2019 de <https://www.heflo.com/es/definiciones/mejora-continua/>
- Delers, A. (2014). El principio de Pareto optimice su negocio con la regla 80-20. Recuperado el 17 de Junio de 2019 de https://books.google.com.ec/books?id=3WDyCwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=pareto+80+20&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiWj6uww_DmAhUvx1kKHfU5Di8Q6AEIODAC#v=onepage&q=pareto%2080%2020&f=false
- Gallacher, M. (2016). Universidad del CEMA. Recuperado el 10 de Julio de 2019 https://ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2002/Felsinger_MADE.pdf
- González, J. (2014). Las 5 S una herramienta para mejorar la calidad, en la oficina tributaria de Quetzaltenango, de la Superintendencia de

Administración Tributaria en la Región Occidente. Recuperado el 15 de Abril de 2019 de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/01/01/Gonzalez-Juan.pdf>

Hernández, J. C., & Vizán, A. (2016). *Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implementación*. Madrid - España: Fundación Escuela de Organización Industrial. Recuperado el 23 de Junio de 2019 de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

ISOTools. (2019). *Software Gestión Procesos*. Recuperado el 18 de Abril de 2019 de <https://www.isotools.org/soluciones/procesos/gestion-por-procesos/>

Jacobs, R., & Chase, R. (2015). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros*. Recuperado el 24 de Abril del 2019 de http://recursosbiblio.url.edu.gt/publiclg/biblio_sin_paredes/maestria/Adm_ope/01.pdf

Madariaga, F. (2019). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Recuperado el 23 de Junio de 2019 de https://www.academia.edu/35951795/Lean_Manufacturing_Francisco_Madariaga_Resumen

Mir, P. (2003). *Producción, productividad y crecimiento*. Recuperado el 25 de Junio de 2019 de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/udlasp/reader.action?docID=3213077&query=produccion>

Pardo, M. (2017). *Gestión por procesos y riesgo operacional*. Recuperado el 11 de Julio de 2019 de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>

Pérez Verzini, R. (2019). *Action Group La Tercera "S" de la Efectividad Personal y Organizacional: Seiso* Recuperado el 12 de Julio de 2019 de

<http://www.actiongroup.com.ar/la-tercera-s-de-la-efectividad-personal-y-organizacional-seiso-parte-4/>

Rajadell, M. (2010). *Lean Manufacturing*, la evidencia de la necesidad. Recuperado el 23 de Junio de 2019 de https://www.academia.edu/15778406/Lean_Manufacturing_la_evidencia_de_una_necesidad

Robbins, S., & Coulter, M. (2015). *Administración* Recuperado el 2 de Julio de 2019 de <https://docs.google.com/a/udlanet.ec/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXxmY3B5c3RhanVhcmV6fGd4Ojl0YjIzZTYyNGJmYThjYTg>

Socconini, L. (2014). *Lean Six Sigma Yellow Belt* para la excelencia en los negocios. Recuperado el 7 de Julio de 2019 de <https://books.google.com.ec/books?id=ajtUDQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Lean+Six+Sigma+Yellow+Belt+para+la+excelencia+en+los+negocios.&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiPyrO3r4foAhXjTN8KHT0KAg4Q6AEIjzAA#v=onepage&q=Lean%20Six%20Sigma%20Yellow%20Belt%20para%20la%20excelencia%20en%20los%20negocios.&f=false>

ANEXOS

Anexo 1. Registro de producto no conforme

REGISTRO DE PRODUCTO NO CONFORME				
Referencia: Documento IATF 16949, Normas ISO				
Nombre de la parte/producto	Cantidad piezas defectuosas	OP/ Operación que genera el defecto	Defecto	Disposición final
Riel delantera ext. RH	1	Muestras	Proceso incompleto	SCRAP
Punta Interna RH	3	Perforado	Perforación desplazada	SCRAP
Panel de balde sin perforaciones	59	Perforado	Perforación faltante	SCRAP
Panel Exterior	33	Estampado	Proceso incompleto	Reproceso
Riel Delantera Externa LH	2	Post perforado	Proceso incompleto	Reproceso
Ref. Superior 1 y 2	2	Estampado	Marcas en la zona visible	Reproceso
Riel delantera interna LH	3	Contra muescas	Golpes	Reproceso
Culebra interna RH	3	Progresivo	Perforación deformada	Reproceso
Riel posterior externa CD	60	Estampado	Rotura	Reproceso
Riel posterior interna LH	1	Estampado	Proceso incompleto	Reproceso
Riel posterior interna RH 4x2	69	Post perforado funcional	Perforación desplazada	SCRAP
Riel posterior externa RH 4x4	1	Estampado	Rotura	Reproceso
Puente 1	3	Corte bandas	Oxidadas y rayadas	Reproceso
Riel delantera interna RH 4x4	26	Post perforado contra muescas	Falta material	Reproceso
Panel de balde con perforación	155	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde sin perforación	199	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Riel delantera interna LH	15	Contra muescas	Rotura	Reproceso
Bandeja III	2	Embutido	Rotura	Reproceso
Panel exterior	20	Corte	Proceso incompleto	Reproceso
Culebra externa LH	1	Embutido	Proceso incompleto	Reproceso

Culebra externa RH	4	Corte	Rotura	Reproceso
Soporte ballesta	27	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Riel posterior externa RH	23	Estampado	Fisura	SCRAP
Riel posterior externa RH	10	Embutido	Fisura	SCRAP
Piso RT-50 CS	1	Embutido	Rotura en el embutido	SCRAP
Panel exterior	5	Embutido	Golpes	Reproceso
Tubo principal parachoques RT-50	1	Corte	Fuera de tolerancia	SCRAP
Riel posterior externa RH 4x2	26	Post perforado funcional	Fisura	Reproceso
Riel delantera externa RH	3	Estampado	Muesca fuera de especificación	SCRAP
Riel delantera externa LH	3	Embutido	Pruebas	SCRAP
Panel exterior	2	Corte bandas	Pruebas	Reproceso
Oreja de montaje	540	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Riel posterior externa 4x2	1	Perforado	Falta de material	Reproceso
Bracket chevystar	1	Embutido	Rotura	SCRAP
Puente 3	2	Perforado	Retal no desprendido	Reproceso
Panel exterior RT-50	9	Embutido	Rotura	Reproceso
Barra T-200	1	Perforado 2	Perforación faltante	Reproceso
Cercha 1	3	Perforado	Falta de material	Reproceso
Riel posterior externo LH	1	Perforado	Retal en la perforación	Reproceso
Riel posterior externo RH	1	Muecas	Retal en la perforación	Reproceso
Puntas internas RH	13	Perforado	Perforación deformada	SCRAP
Placa lateral LH	11	Doblado	Exceso de rebabas	Reproceso
Riel posterior externa LH	22	Perforado y contra muescas	Fisura	Reproceso
Riel posterior externa RH	24	Perforado y contra muescas	Fisura	Reproceso
Riel posterior externa	40	Estampado	Fisura	Reproceso

Bracket montaje superior	99	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Cercha 3	2	Corte y perforado	Retal en la perforación	Reproceso
Placa step	1	Perforado lateral	Excesos de perforación lateral	Reproceso
Bracket montaje superior	120	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Cercha 1	15	Corte y perforado	Exceso de rebaba	Reproceso
Riel posterior externa	2	Estampado	Proceso incompleto	SCRAP
Oreja de montaje	215	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Soporte llanta de emergencia	3	Estampado 1	Rotura	Reproceso
Riel delantera externa	1	Perforación	Falta de material	Reproceso
Bracket 1	55	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Riel posterior Externa LH	31	Estampado	Fisura	SCRAP
Panel de balde sin perforaciones	101	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde con perforaciones	92	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Riel delantera externa	2	Corte plasma	Proceso incompleto	Reproceso
Refuerzo superior	2	Estampado	Marcas zonas visibles	Reproceso
Riel posterior externa	1	Camrestrike	Proceso incompleto	Reproceso
Riel exterior	24	Calibrado	Golpes	Reproceso
Oreja de montaje	100	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Riel posterior externa RH	8	Combustible	Proceso incompleto	Reproceso
Bracket montaje superior	86	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Riel delantera interna LH	17	Estampado	Golpes	Reproceso
Bracket montaje superior	69	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Refuerzo superior RH	2	Doblado	Fuera de especificación	Reproceso

Riel delantera externa LH	15	Cerrado	Golpes	Reproceso
Panel exterior	11	Estampado	Exceso de rebaba	Reproceso
Cercha 4	3	Corte de bandas	Golpes	Reproceso
Refuerzo superior 1	4	Cizalla	Falta de material	Reproceso
Riel delantera externa LH	2	Perforado	2 paneles oxidados	Reproceso
Panel exterior	14	Estampado	Fisura	Reproceso
Cuerpo central bandeja batería	41	Corte excesos perforado	Fisura	Reproceso
Riel posterior externa RH	12	Estampado	Perforación desplazada	Reproceso
Riel delantero interna RH	38	Estampado	Perforación desplazada	Reproceso
Panel balde con perforaciones	96	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Riel posterior externa LH	2	Estampado	Fuera de especificación	Reproceso
Bracket montaje superior	132	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Riel posterior externa RH	5	Perforado	Rotura	SCRAP
Riel delantera interna LH	1	Post perforado	Proceso incompleto	SCRAP
Riel delantera externa RH	2	Perforado	Falta de material	SCRAP
Cuerpo central bandeja batería	5	Corte por laser	Exceso de rebaba	Reproceso
Soporte superior	25	Corte de exceso y perforado	Perforación deformada	Reproceso
Panel exterior	25	Estampado	Golpes	Reproceso
Cercha 1	5	Embutido	Perforación deformada	Reproceso
Bracket montaje superior	29	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Panel balde sin perforaciones	94	Perforado	Perforación faltante	SCRAP
Bracket montaje superior	95	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Bracket 1	32	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Refuerzo mariposa	11	Estampado	Fisura	Reproceso

Refuerzo mariposa	22	Estampado RH	Fisura	Reproceso
Riel posterior externa RH	30	Estampado LH	Material rayado	Reproceso
Riel delantera externa RH	3	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Bracket 1	22	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Panel de balde con perforación	131	Perforado	Perforación faltante	Reproceso
Panel de balde sin perforación	62	Perforado	Perforación faltante	SCRAP
Riel posterior interna LH	4	Contra muescas	Perforación deformada	SCRAP
Panel interior	35	Contra muescas	Fisura	Reproceso
Bracket 1	51	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Oreja de montaje	60	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Refuerzo mariposa	18	Corte	Material rayado	SCRAP
Bracket montaje superior	114	Perforado	Perforación desplazada	Reproceso
Puente 3	5	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Oreja de montaje	58	Corte	Exceso de rebabas	Reproceso
Placa step	25	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Riel delantera externa	6	Estampado	Proceso incompleto	SCRAP
Refuerzo mariposa	1	Falta muescas	Proceso incompleto	SCRAP
Culebra externa LH	20	Estampado	Falta de material	Reproceso
Culebra interna RH	28	Corte	Fisura	Reproceso
Bracket montaje superior	59	Perforado	Perforación desplazada	SCRAP
Bracket 1	22	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Bracket 1	51	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Bracket 1	32	Perforado	Perforación deformada	Reproceso
Bracket 1	55	Perforado	Perforación deformada	Reproceso

Anexo 2. S1. Clasificar

Separar lo necesario de lo innecesario

"S"	S1=Seir=Clasificar	SI	Sugrencias de mejora continua
1	¿Existe en el entorno de trabajo material que pueda estorbar?	<input type="checkbox"/>	
2	¿Existe MP, productos por terminar, productos terminados o residuos en el área de trabajo?	<input checked="" type="checkbox"/>	Planchas de metal en el suelo obstruyendo el camino, racks obstruyendo el camino
3	¿Hay algún tipo de utensilio, herramienta, pieza de repuesto, o semejante en el área de trabajo?	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	¿Están todos los objetos de uso frecuente en su debido lugar, y correctamente identificados en el área de trabajo?	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	¿Están todos los objetos de medición en su respectivo lugar y debidamente identificados en el área laboral?	<input type="checkbox"/>	No están identificados, herramientas fuera de su lugar.
6	¿Están todos los utensilios de limpieza: trapos, escobas, guantes, productos de limpieza en general en su ubicación y debidamente identificados?	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	¿Esta todo el mobiliario:mesas, sillas, armarios en su ubicación correspondiente e identificados debidamente en el área de trabajo?	<input type="checkbox"/>	Armarios y cajas de herramientas sin nombre.
8	¿Existe maquinaria sin utilizar en el área laboral?	<input checked="" type="checkbox"/>	Depende de la producción.
9	¿Existen elementos inutilizados como: utensilios, herramientas, útiles o similares en el entorno del área de trabajo?	<input type="checkbox"/>	
10	¿Los elementos innecesarios están ubicados e identificados como tal?	<input type="checkbox"/>	
Puntuación		4	S NO OK

Checklist S1: Clasificar

Anexo 3. S2. Ordenar

"Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio"

"S"	S2=Seiton=Ordenar	SI	Sugencias de mejora continua
1	¿Están debidamente identificados los pasillos, áreas de almacenamiento de producto terminado, lugares de trabajo en general?	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	¿Son de uso diario y estan todo el tiempo disponible las herramientas de trabajo?	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	¿Están identificados y separados debidamente la MP del producto por terminar y el producto terminado?	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	¿Están todos los pallets, contenedores almacenados de forma correcta?	<input type="checkbox"/>	Existe desorden al momento de ubicar los pallets en su respectivo lugar
5	¿Existe algun tipo de obstáculo que se encuentre cerca del elemento de extinción de incendios más cercano?	<input type="checkbox"/>	
6	¿Tiene el suelo algún tipo de desperfecto tales como grietas o sobresalto?	<input type="checkbox"/>	
7	¿Están las estanterías, racks u otras zonas de almacenamiento en el lugar adecuado e identificados debidamente?	<input type="checkbox"/>	No están debidamente identificados.
8	¿Las estanterías o racks tienen letras de identificación para saber que producto va en ellos?	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	¿Están indicadas las cantidades mínimas y máximas aceptables y el formato de almacenamiento?	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	¿Hay líneas blancas para indicar y separar claramente los pasillos y las áreas de almacenamiento?	<input checked="" type="checkbox"/>	
Puntuación		8	Segunda S OK

Checklist S2: Ordenar

Anexo 4. S3. Limpiar

"Limpiar el puesto de trabajo y los equipos y prevenir la suciedad y el desorden"

"S"	S3=Seiso=Limpiar	SI	Sugerencias de mejora continua
1	¿Existen manchas de aceite, polvo o residuos tanto en el interior como en el exterior de la maquinaria ?	<input type="checkbox"/>	
2	¿Existen partes de los equipos sucios? ¿Puedes encontrar manchas de aceite, polvo o residuos?	<input type="checkbox"/>	
3	¿Se encuentra alguna tubería ya sea de aire, aceite o eléctrica en mal estado?	<input type="checkbox"/>	
4	¿Está el sistema de drenaje de los residuos obstruido?	<input type="checkbox"/>	
5	¿Existen elementos de iluminación tales como focos o lámparas en mal estado?	<input type="checkbox"/>	
6	¿Se mantienen tanto las paredes como suelo y techo limpios?	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	¿Se realiza una limpieza frecuente a la maquinaria, manteniéndola libre de grasa y aceite?	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	¿Se realizan constantemente tareas de limpieza y mantenimiento de la planta?	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	¿Existe una persona o equipo de personas que sea responsable de supervisar las operaciones de limpieza?	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	¿Se barre y limpia el suelo sin necesidad de solicitarlo?	<input checked="" type="checkbox"/>	
Puntuación		10	Tercera S OK

Checklist S3: Limpiar

Anexo 5. S4. Estandarizar

Eliminar anomalías evidentes con controles visuales

"S"	S4=Seiketsu=Estandarizar	SI	Sugerencias de mejora continua
1	¿La ropa que utilizan los trabajadores es inadecuada o sucia?	<input type="checkbox"/>	
2	¿Las diferentes áreas laborales cuentan con la iluminación suficiente al igual que ventilación para realizar sus actividades cotidianas?	<input type="checkbox"/>	
3	¿Existe algún tipo de inconveniente con respecto a ruido, vibraciones o de temperatura?	<input checked="" type="checkbox"/>	Mucho calor
4	¿Existe alguna ventana o puerta rota?	<input type="checkbox"/>	
5	¿Hay habilitadas zonas de descanso, comida y zonas de fumadores?	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	¿Se realizan mejoras constantemente en las diferentes áreas laborales?	<input type="checkbox"/>	
7	¿Tienen una ideología de mejora continua?	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	¿Existen procedimientos ya escritos y utilizados activamente?	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	¿Se consideran futuras normas como plan de mejora para las diferentes zonas laborales?	<input type="checkbox"/>	
10	¿Se mantienen las 3 primeras S anteriormente mencionadas?	<input type="checkbox"/>	
Puntuación		5	Cuarta S NO OK

Checklist S4: Estandariza

Anexo 6. S5. Disciplina

“Hacer el hábito de la obediencia a las reglas”

"S"	S5=ShitsukeDisciplinar	SI	Sugrencias de mejora continua
1	¿Se realiza un control y seguimiento diario de la limpieza?	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	¿Los informes y documentacion diaria se la realiza dentro del tiempo establecido?	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	¿Se utiliza el EPP apropiado para llevar a cabo las actividades diarias?	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	¿Se utiliza el EPP adecuado para realizar trabajos especificos (amés, caso)?	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	¿Se cumplen los horarios de reuniones establecidos por los miembros de la comisión de seguimiento?	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	¿El personal se encuentra debidamente capacitado para realizar sus actividades laborales?	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	¿Las herramientas y las piezas se encuentran almacenadas correctamente?	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	¿Se están cumplimiento los controles de stocks?	<input type="checkbox"/>	
9	¿Existen procedimientos de mejora, y son sometidos a un seguimiento constante?	<input type="checkbox"/>	
10	¿Todas las actividades definidas en las 5S se llevan a cabo en su totalidad?	<input type="checkbox"/>	
Puntuación		7	Quinta S OK

Checklist S5: Disciplina

