



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN

Tema:

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN LOS PROCESOS DE
CONFORMADO DE LA EMPRESA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA.”

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de investigación, presentado previo la
obtención del título de Ingeniera Industrial en Procesos de Automatización.

ÁREA: Industrial y Manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales y Producción

AUTOR: Ana Belén Domínguez Echeverría

TUTOR: Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.

Ambato - Ecuador

Agosto – 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN LOS PROCESOS DE CONFORMADO DE LA EMPRESA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA.”, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por la señorita Ana Belén Domínguez Echeverría, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que la estudiante ha sido tutorada durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, agosto 2020.



Firmado electrónicamente por:
**DAYSI MARGARITA
ORTIZ GUERRERO**

Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN LOS PROCESOS DE CONFORMADO DE LA EMPRESA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA.” es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto 2020.



Ana Belén Domínguez Echeverría

CI: 1804013579

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señorita Ana Belén Domínguez Echeverría, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de investigación, titulado “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN LOS PROCESOS DE CONFORMADO DE LA EMPRESA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA.”, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, agosto 2020.



Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR
URRUTIA**

Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**CHRISTIAN
JOSE MARINO
RIVERA**

Ing. Christian Mariño
PROFESOR CALIFICADOR



Firmado electrónicamente por:
**ISRAEL ERNESTO
NARANJO
CHIRIBOGA**

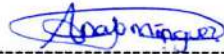
Ing. Israel Naranjo
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, agosto 2020.



Ana Belén Domínguez Echeverría

CI: 1804013579

AUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para los pilares de mi vida, mis padres Santiago y Tatiana ya que, gracias a su apoyo incondicional y amor sincero supieron encaminarme y darme fuerzas para lograr ser una mejor persona permitiéndome concluir una etapa más de mi vida.

A mis hermanos Carolina y Christian por su cariño y ejemplo de trabajo que me impulsaron hacia adelante trazándome objetivos y alcanzando nuevas metas.

A mis Abuelos que están siempre pendientes de mí y me han sabido brindar su ayuda y sus sabias palabras en los momentos más indicados.

A Jonathan por compartir este camino conmigo siendo una persona incondicional en cada momento.

Ana Belén Domínguez Echeverría

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme con mucha salud y sabiduría durante toda mi carrera para poder salir adelante en todas mis decisiones, además de ponerme a las personas indicadas para que sumen en mi vida.

A todos los docentes de mi Facultad FISEI por todos sus conocimientos impartidos que me han permitido crecer profesionalmente y personalmente.

A la Ing. Daysi Ortiz mi tutora del trabajo de investigación que supo guiarme y confiar en mí durante todo el desarrollo de mi tesis.

A Jéssica LLugsa que más que una compañera ha sido una amiga durante toda la carrera, y sé que puedo contar con ella en las buenas y en las malas.

A la empresa ECUAMATRIZ CÍA LTDA. por abrirme las puertas durante todo el proceso de mi trabajo y a todo su personal quienes colaboraron con el desenvolvimiento del mismo.

Ana Belén Domínguez Echeverría

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	xx
CAPITULO I	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Antecedentes Investigativos	1
- Contextualización del problema.....	1
- Fundamentación teórica	3
Metodología ABC.....	3
Diagrama de procedimiento.....	4
Medición de trabajo	5
Estudio de tiempos.....	5
Estudio de tiempos con cronometro	6
Tamaño de la muestra.....	6
Lean Manufacturing.....	9
Mapa de flujo de valor (VSM).....	11

SMED	12
FlexSim.....	16
1.3 Objetivos	19
- Objetivo General	19
- Objetivos Específicos	19
CAPÍTULO II	20
METODOLOGÍA	20
2.1. Materiales	20
2.2. Métodos	21
- Modalidad de la Investigación	21
- Población y Muestra.....	22
- Recolección de Información.....	23
- Procesamiento y Análisis de Datos	23
CAPÍTULO III.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1 Análisis y discusión de los resultados	24
- Desarrollo de la propuesta.....	24
Introducción de la empresa.....	24
Análisis ABC.....	36
Procesos productivos del área de conformado.....	44
Estudio de tiempos de los procesos de preparación de maquinaria.....	59
Hoja de operaciones y tiempos para los procesos productivos.....	75
Mapa de flujo de valor.....	100
Análisis de los tiempos de preparación en los tiempos de ciclo.....	103
Análisis de la capacidad de producción con los tiempos de preparación	106

Aplicación de la metodología SMED	109
Integración de resultados de la investigación	157
Evaluación de datos obtenidos del proceso	159
Simulación del proceso de preparación de maquinaria	164
CAPITULO IV	171
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	171
4.1 Conclusiones	171
4.2 Recomendaciones	173
Referencias Bibliográficas	174
Anexos	177
Anexo 1: Suplementos por descanso	177
Anexo 2: Formato para registro de tiempos	178
Anexo 3: Formato para registro de cálculo de suplementos por descanso.....	178
Anexo 4: Formato para registro de cálculo de tiempo estándar	178
Anexo 5: Modelo de entrevista	179
Anexo 6: Layout del área de conformado	180
Anexo 7: Formato lista de herramientas	182
Anexo 8: Formato de chequeo para limpieza en coches de herramientas.....	183
Anexo 9: Formato de representación esquemática de actividades en paralelo	183
Anexo 10: Tabla de colores para movimientos fundamentales de manos	184
Anexo 11: Instructivo para el cambio de matriz propuesto.....	185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Simbología ASME para los diagramas de procedimiento	5
Tabla 2	Número de ciclos a cronometrar según General Electric.....	6
Tabla 3	Escala de valoración del ritmo de trabajo de la norma británica	7
Tabla 4	Tabla de suplementos por descanso OIT	9
Tabla 5	Íconos relevantes del VSM	11
Tabla 6	Ejemplo sobre la influencia del tiempo de preparación y tamaño de lote	16
Tabla 7	Principales objetos del software FlexSim	17
Tabla 8	Materiales utilizados en el desarrollo del trabajo de investigación	20
Tabla 9	Número de trabajadores en el área de conformado.....	23
Tabla 10	Datos informativos de la empresa.....	25
Tabla 11	Detalle de líneas de fabricación Ecuamatrix Cía. Ltda.	32
Tabla 12	Resumen estadística de ventas Ecuamatrix Cía. Ltda. (enero - junio) 2019....	33
Tabla 13	Detalle productos línea eléctrica.....	35
Tabla 14	Ventas periodo enero - junio 2019 de la línea eléctrica.....	37
Tabla 15	Análisis ABC de la línea eléctrica	38
Tabla 16	Clasificación ABC de los productos de la línea eléctrica	40
Tabla 17	Resumen de zonas de los productos.....	41
Tabla 18	Detalle producto estrella del periodo enero - junio 2019.....	42
Tabla 19	Detalle componentes caja metálica bifásica 300*200*100	43
Tabla 20	Descripción procesos de conformado de caja metálica 300*200*100	44
Tabla 21	Detalle maquinaria área conformado	46
Tabla 22	Procesos de conformado de base metálica 300*200*80.....	47
Tabla 23	Procesos de conformado de componentes base metálica 300*200*80.....	47
Tabla 24	Procesos de conformado de la tapa metálica 300*200*20	48
Tabla 25	Procesos de conformado de los componentes tapa metálica 300*200*20.....	48
Tabla 26	Resumen de maquinaria utilizada para fabricación de caja metálica	49
Tabla 27	Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PH100.....	50
Tabla 28	Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT150.....	51
Tabla 29	Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina TR-130	52

Tabla 30	Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT100.....	53
Tabla 31	Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT80.....	54
Tabla 32	Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT55.....	55
Tabla 33	Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT40-01.....	56
Tabla 34	Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT35.....	57
Tabla 35	Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT25.....	58
Tabla 36	Número de ciclos a cronometrar para tiempos de Set Up.....	59
Tabla 37	Valoración del ritmo de trabajo	60
Tabla 38	Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PH100	61
Tabla 39	Cálculo de suplementos para la máquina 3PH100.....	61
Tabla 40	Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT150.....	62
Tabla 41	Cálculo de suplementos para la máquina 3PT150	63
Tabla 42	Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT130.....	64
Tabla 43	Cálculo de suplementos para la máquina 3PT130	64
Tabla 44	Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT100.....	65
Tabla 45	Cálculo de suplementos para la máquina 3PT100	66
Tabla 46	Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT80.....	67
Tabla 47	Cálculo de suplementos para la máquina 3PT80	67
Tabla 48	Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT55.....	68
Tabla 49	Cálculo de suplementos para la máquina 3PT55	69
Tabla 50	Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT40-01	70
Tabla 51	Cálculo de suplementos para la máquina 3PT40-01	70
Tabla 52	Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT35.....	71
Tabla 53	Cálculo de suplementos para la máquina 3PT35	72
Tabla 54	Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT25.....	73
Tabla 55	Cálculo de suplementos para la máquina 3PT25	73
Tabla 56	Cálculo de tiempo estándar en cambio de matriz	74
Tabla 57	Descripción de actividades	76
Tabla 58	Hoja de operaciones y tiempos – Embutido (BM).....	77
Tabla 59	Hoja de operaciones y tiempos – Corte de exceso (BM).....	77
Tabla 60	Hoja de operaciones y tiempos – Perforado general (BM).....	78

Tabla 61	Hoja de operaciones y tiempos – Perforado lateral y frontal (BM).....	78
Tabla 62	Hoja de operaciones y tiempos – Estampado de trazabilidad (BM).....	79
Tabla 63	Hoja de operaciones y tiempos – Troquelado de aireadores (BM).....	80
Tabla 64	Hoja de operaciones y tiempos – Corte, perforado y doblado (AS).....	81
Tabla 65	Hoja de operaciones y tiempos – Doblado de forma (RM).....	82
Tabla 66	Hoja de operaciones y tiempos – Perforado (RM).....	83
Tabla 67	Hoja de operaciones y tiempos – Perforado general (RM).....	84
Tabla 68	Hoja de operaciones y tiempos – Dobleza (RM).....	85
Tabla 69	Hoja de operaciones y tiempos – Embutido (TM).....	86
Tabla 70	Hoja de operaciones y tiempos – Corte de exceso (TM).....	86
Tabla 71	Hoja de operaciones y tiempos – Rebordeado (TM).....	87
Tabla 72	Hoja de operaciones y tiempos – Perforado de ventana y compuerta (TM)....	87
Tabla 73	Hoja de operaciones y tiempos – Estampado de logo EM (TM).....	88
Tabla 74	Hoja de operaciones y tiempos – Estampado de logo cliente (TM).....	89
Tabla 75	Hoja de operaciones y tiempos – Perforado tubo de seguridad (TM).....	90
Tabla 76	Hoja de operaciones y tiempos – Troquelado de forma (CM).....	91
Tabla 77	Hoja de operaciones y tiempos – Doblado (CM).....	92
Tabla 78	Hoja de operaciones y tiempos – Doblado (TS).....	93
Tabla 79	Hoja de operaciones y tiempos – Perforado (TS).....	94
Tabla 80	Hoja de operaciones y tiempos – Troquelado de forma (AC).....	95
Tabla 81	Hoja de operaciones y tiempos – Doblado (AC).....	96
Tabla 82	Resumen de tiempos estándar de los procesos de conformado.....	97
Tabla 83	Cálculo de capacidad de producción de los procesos de conformado.....	99
Tabla 84	Influencia del tiempo de preparación en el tiempo de ciclo estándar.....	104
Tabla 85	Variación de capacidad de producción.....	107
Tabla 86	Capturas de filmación para ejemplo cambio de matriz.....	109
Tabla 87	Ejemplo de hoja de comprobación para máquina 3PH100.....	112
Tabla 88	Etapa uno SMED máquina 3PH100.....	113
Tabla 89	Etapa uno SMED máquina 3PT150.....	114
Tabla 90	Etapa uno SMED máquina 3PT130.....	115
Tabla 91	Etapa uno SMED máquina 3PT100.....	116

Tabla 92 Etapa uno SMED máquina 3PT80.....	117
Tabla 93 Etapa uno SMED máquina 3PT55	118
Tabla 94 Etapa uno SMED máquina 3PT40-01.....	119
Tabla 95 Etapa uno SMED máquina 3PT35	120
Tabla 96 Etapa uno SMED máquina 3PT35	121
Tabla 97 Análisis de las actividades internas y externas	122
Tabla 98 Etapa dos SMED máquina 3PH100.....	124
Tabla 99 Etapa dos SMED máquina 3PT150	125
Tabla 100 Etapa dos SMED máquina 3PT130	126
Tabla 101 Etapa dos SMED máquina 3PT100	127
Tabla 102 Etapa dos SMED máquina 3PT80	128
Tabla 103 Etapa dos SMED máquina 3PT55	129
Tabla 104 Etapa dos SMED máquina 3PT40-01	130
Tabla 105 Etapa dos SMED máquina 3PT35	131
Tabla 106 Etapa dos SMED máquina 3PT35	132
Tabla 107 Análisis de conversión de actividades internas a externas.....	133
Tabla 108 Clasificación de herramientas encontrados en área de conformado	135
Tabla 109 Registro herramientas necesarias y no del área de conformado	136
Tabla 110 Detalle de herramientas en coche #1.....	137
Tabla 111 Detalle de herramientas en coche #2.....	138
Tabla 112 Detalle de herramientas en coche #3.....	139
Tabla 113 Registro de orden de coches de herramientas	140
Tabla 114 Programa de limpieza de herramientas	140
Tabla 115 Registro limpieza a herramientas del área de conformado	141
Tabla 116 Registro de estandarización del área de conformado.....	141
Tabla 117 Detalle actividades internas - máquina 3PH100	143
Tabla 118 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PH100..	144
Tabla 119 Detalle actividades internas - máquina 3PT150.....	145
Tabla 120 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT150 ..	146
Tabla 121 Detalle actividades internas - máquina TR130	147
Tabla 122 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina TR130....	147

Tabla 123	Detalle actividades internas - máquina 3PT100.....	148
Tabla 124	Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT100 ..	149
Tabla 125	Detalle actividades internas - máquina 3PT80.....	150
Tabla 126	Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT80	151
Tabla 127	Detalle actividades internas - máquina 3PT55.....	151
Tabla 128	Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT55	152
Tabla 129	Detalle actividades internas - máquina 3PT40-01	153
Tabla 130	Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT40-01	154
Tabla 131	Detalle actividades internas - máquina 3PT35.....	154
Tabla 132	Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT35	155
Tabla 133	Detalle actividades internas - máquina 3PT25.....	156
Tabla 134	Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT25	156
Tabla 135	Integración de resultados obtenidos en la aplicación del SMED	157
Tabla 136	Evaluación de datos obtenidos del proceso.....	159
Tabla 137	Influencia de Set Up propuesto con el tamaño de lote.....	160
Tabla 138	Resumen de capacidad mejorada en procesos de conformado	162
Tabla 139	Configuración processor para proceso de Embutido de BM	165
Tabla 140	Configuración operator para proceso de Embutido de BM	165
Tabla 141	Configuración transporter para proceso de Embutido de BM	166
Tabla 142	Comparación de Cp calcula vs FlexSim – antes de SMED	168
Tabla 143	Comparación de Cp calcula vs FlexSim – después de SMED.....	170
Tabla 144	Formato para registro de tiempos	178
Tabla 145	Formato para registro de cálculo de suplementos por descanso	178
Tabla 146	Formato para registro de cálculo de tiempo estándar	178
Tabla 147	Formato lista de herramientas	182
Tabla 148	Formato lista de chequeo para limpieza en coches de herramientas.....	183
Tabla 149	Formato de representación esquemática de actividades en paralelo.....	183

ÍNDICE FIGURAS

Fig. 1 Representación gráfica de la clasificación ABC	4
Fig. 2 Estructura del sistema lean	10
Fig. 3 Vista satelital de la empresa	26
Fig. 4 Organigrama de la empresa	27
Fig. 5 Diagrama de flujo del proceso de producción	28
Fig. 6 Área de corte.....	29
Fig. 7 Área de conformado	29
Fig. 8 Área de ensamble	30
Fig. 9 Área de maquinado.....	30
Fig. 10 Área de soldadura	30
Fig. 11 Área de plásticos	31
Fig. 12 Área de pintura	31
Fig. 13 Área de armado.....	32
Fig. 14 Diagrama de flujo - línea eléctrica	34
Fig. 15 Gráfico ABC de la línea eléctrica.....	41
Fig. 16 Vista explosionada caja para medidor eléctrico.	43
Fig. 17 Tiempos estándar actual para el cambio de matrices	75
Fig. 18 VSM Actual de los procesos de conformado de la BM	101
Fig. 19 VSM Actual de los procesos de conformado de la TM.....	102
Fig. 20 Tiempo de ciclo vs. Tiempo total de operación	105
Fig. 21 Influencia de los tiempos en la capacidad de producción	108
Fig. 22 Porcentaje de análisis de actividades internas y externas.....	122
Fig. 23 Análisis de conversión de actividades internas a externas	133
Fig. 24 Tiempos de preparación de maquinaria propuesta	158
Fig. 25 Producción actual Vs. Producción propuesta	163
Fig. 26 Configuración Set Up time para proceso de Embutido de BM.....	165
Fig. 27 Configuración process time para proceso de Embutido de BM.....	165
Fig. 28 Configuración use transport para proceso de Embutido de BM.....	165
Fig. 29 Configuración operator O1 para proceso de Embutido de BM.....	165

Fig. 30 Configuración transporter para proceso de Embutido de BM.....	166
Fig. 31 Configuración transporter – general para proceso de Embutido de BM.....	166
Fig. 32 Modelo a simular del área de conformado	166
Fig. 33 Cp del proceso de Embutido de BM - antes de SMED	167
Fig. 34 Cp del proceso de Embutido de BM - después de SMED.....	169
Fig. 35 Suplementos por descanso OIT	177
Fig. 36 Layout área de conformado	181
Fig. 37 Colores para movimientos fundamentales de manos	184
Fig. 38 Instructivo para el cambio de matriz propuesto	185

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación está enfocada en la aplicación de la metodología “Cambio de dados en pocos minutos” o mejor conocida como (SMED), para la reducción de tiempos en la preparación de la maquinaria y la influencia que presenta esta sobre el tamaño de lote, de modo que la empresa en estudio Ecuamatriz Cía. Ltda. pueda disminuir el tiempo de cambio de matriz en los procesos de conformado y tenga más tiempo para producir los productos demandados.

El desarrollo del proyecto consiste inicialmente en el análisis de la situación actual en el cambio de matrices, para lo cual se ha identificado el producto que presente la mayor demanda mediante la metodología ABC y de esta manera conocer cuál es el producto con más participación en el mercado y enfocar el desarrollo del trabajo en el mismo, además se estableció un estudio de Tiempos y Movimientos para los procesos de cambio de matriz a fin de saber las actividades que intervienen y con los tiempos en los que se manejan para la preparación de la maquinaria, asimismo para los procesos productivos y conocimiento de las capacidades de producción del área de conformado. Por otro lado, se establece Diagramas de Flujo VSM para identificar ampliamente oportunidades de mejora y eliminar desperdicios de los procesos de cambio de matriz.

Finalmente se aplica la metodología para el cambio de matrices a través de sus diferentes etapas que conllevan al perfeccionamiento de las actividades externas mediante el desarrollo de 5's en las herramientas del área de conformado y actividades internas a través de la ejecución de actividades paralelas. Además, se muestra los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo de investigación a través de un resumen global de los valores calculados antes y después de su aplicación, de los cuales se puede destacar el porcentaje de reducción promedio del 66.29% de tiempo de preparación de maquinaria, y la mejora promedio del 28.91% en la capacidad de producción. Asimismo, se presenta un modelo de simulación en el software FlexSim de los procesos de conformado donde se represente los resultados hallados durante el desarrollo de la investigación.

ABSTRACT

The present investigation is focused on the application of the methodology Single Minute Exchange of Dies or better known as (SMED), for the reduction of times in the preparation of the machinery and the influence that it presents on the size of the lot, so that the company in study Ecuamatriz Cia. Ltda. can diminish the time of change of matrix in the processes of Conformed and have more time to produce the demanded products.

The development of the project consists initially in the analysis of the current situation in the change of matrixes, for which the product that presents the greater demand has been identified by means of the methodology ABC and this way to know which is the product with more participation in the market and to focus the development of the work in the same one, in addition a study of Times and Movements for the processes of change of matrix was established in order to know the activities that intervene and with the times in which they are handled for the preparation of the machinery, also for the productive processes and knowledge of the capacities of production of the area of Conformed. On the other hand, VSM Flow Charts are established to widely identify improvement opportunities and eliminate waste from the die change processes.

Finally, the methodology mentioned above is applied through its different stages that lead to the improvement of the external activities through the development of 5's in the tools of the Forming area and internal activities through the execution of parallel activities. In addition, the results obtained in the development of the research work are shown through a global summary of the values calculated before and after its application, of which the percentage of average reduction of 66.29% in machinery preparation time, and the average improvement of 28.91% in production capacity can be highlighted. Likewise, a simulation model is presented in the FlexSim software of the forming processes where the results found during the development of the investigation are represented.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias cada vez se ven enfrentadas a nuevos retos significativos, por lo que se requiere de mejores estrategias que promuevan su crecimiento. Ecuamatrix Cía. Ltda. es una empresa ambateña que se desempeña en la producción de artículos variados de metalmecánica y plásticos, generados por diferentes tamaños de lotes, ocasionando de esta manera cambios frecuentes de matrices en las maquinarias. Por lo que el presente trabajo de investigación se basa en la aplicación de la metodología SMED en los procesos de conformado, para la reducción del tiempo de preparación de maquinaria. A continuación, se define el contenido del trabajo de investigación:

En el capítulo I se describe el Marco Teórico enfocándose en los antecedentes investigativos de acuerdo a la contextualización del problema, fundamentación teórica y objetivos, permitiendo un mayor conocimiento del sector metalmecánico en el mercado actual, además de la aclaración de conceptos que permitan profundizar la investigación.

El capítulo II está conformado por la Metodología la cual detalla los materiales utilizados y los métodos establecidos según la modalidad de investigación, población y muestra, recolección de información, procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo III se presentan los Resultados y Discusión en donde se desarrolla la propuesta con correspondencia a la metodología mencionada, apoyándose en diversas actividades que promuevan el alcance propuesto por el investigador.

En último lugar se muestra el capítulo IV el cual consta de las Conclusiones y Recomendaciones encontradas a lo largo del desarrollo de la investigación como resultado de la aplicación de la metodología SMED en los procesos de conformado.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de Investigación

“Aplicación de la metodología SMED en los procesos de conformado de la empresa Ecuamatriz Cía. Ltda.”

1.2 Antecedentes Investigativos

- Contextualización del problema

El entorno empresarial, se enfrenta al reto de buscar e implantar métodos, estrategias organizativas y de producción que le permita competir en un mercado mundial que cada día se vuelve más exigente y variable a las necesidades del cliente en cuanto a la disminución de costos, incremento de calidad en los productos y tiempos de respuesta por lo cual se requiere que exista una mayor flexibilidad y desempeño de la organización para que el desarrollo de la empresa sea permanente y muestre mayor ventaja frente a la competencia actual [1].

En el Ecuador la industria metalmecánica es de mucha importancia ya que integra alrededor de 19000 empresas siendo el motor de progreso de la economía del país. De acuerdo con la Federación Ecuatoriana de Industrias del Metal (FEDIMETAL) el sector aporta con la economía nacional con el 1.8% del PIB (producto interno bruto) a nivel de toda la industria manufacturera el sector metalmecánico representa aproximadamente el 12% de su PIB. La capacidad de producción de la industria metalmecánica ecuatoriana supera los 2.1 millones de toneladas al año, su mayor concentración está en Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Latacunga y Manta [2].

Sin embargo, se ve reflejada la carencia de herramientas para el desarrollo de las mismas, donde se muestra la necesidad de buscar nuevas alternativas que permitan aumentar la productividad y eficiencia con fines de crecimiento de rentabilidad y competitividad mediante modelos de gestión que se adapten a la realidad de la industria [3]. Por lo que, el sector metalmeccánico cuya actividad es la fabricación de metales comunes requiere cambios notables en las estrategias de desarrollo, optimizando así de esta manera los recursos humanos en las diferentes organizaciones, para lograr que el país genere una mayor producción nacional y con esto fomentar las exportaciones [4].

La zona 3 del país está constituida por las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Pastaza y Tungurahua es la más extensa del país, debido a que equivale al 18% del territorio ecuatoriano, cuyas actividades económicas cumplen un importante nodo comercial a escala nacional según la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [5]. La industria metalmeccánica ha ayudado con el desarrollo y ejecución de los más importantes proyectos de construcción tanto pública como privada, realizando trabajos que le han permitido proveer todos los productos para la construcción de proyectos hidroeléctricos, infraestructura civil, telecomunicaciones, entre otras [6]. Por lo tanto, para un mayor desarrollo de la industria es necesario realizar constantemente mejoras que se enfoquen no solo en el bienestar de la organización sino también en su alrededor.

En la provincia de Tungurahua se destaca principalmente por su participación en el sector metalmeccánico, los mismos que cuentan con el apoyo del Ministerio de Industrias y Productividad (Mipro) para emprender acciones en beneficio de su crecimiento el cual permite así mismo generar diferentes plazas de trabajo que generen un alentador potencial económico y social en el sector metalmeccánico [7]. No obstante el desarrollo de las competencias contribuye a fortalecer la capacidad de interrelación con el entorno, para así desarrollar inteligencias múltiples, lo cual ayuda para el direccionamiento de personas y proyectos para un efectivo proceso que vaya de la mano con los objetivos de la organización o del cual se participa [8].

Ecuamatrix Cía. Ltda. es una empresa ubicada en el cantón Ambato se dedica a la producción y comercialización de elementos metalmecánicos y plásticos de ingeniería tales como: cajas para medidores de luz, carretillas, palas, piezas para sistemas de escape, contenedores para basura, entre otros [9]. Actualmente la organización cuenta con un proceso sistematizado y de investigación, lo cual le ha permitido cumplir estándares de calidad e innovación, sin embargo, presenta ciertos inconvenientes en la producción, los mismos que constantemente tratan de limitar su eficiencia.

La principal problemática que se presenta se debe a que la organización no cuenta con el estudio necesario para utilizar la metodología apropiada para atacar la producción de artículos variados que se generan en pequeños lotes, razón por la cual se requiere un cambio frecuente en la maquinaria, produciendo numerosas operaciones de ajuste de herramientas y de calibraciones que conllevan a demoras en el tiempo de cambio de matrices de las máquinas, desorden de las herramientas, falta de organización en los operarios, incumplimiento de pedidos, entre otros.

- **Fundamentación teórica**

Metodología ABC

Se basa en la Ley de Pareto del 80-20, en la cual los productos se clasifican de dos maneras: su valor de frecuencia de uso o su valor en dinero. En la mayoría de casos se utiliza una combinación de las dos. Esto permite diferenciar tres categorías de productos y cada una de ellas debe definirse en función de la parte de la cifra de negocios que representa [10].

Este método tiene como objetivo llamar la atención de los gerentes hacia los pocos productos de importancia crucial en este caso los de A, en lugar de hacia los muchos artículos triviales C. El principio de Pareto establece que el 80 % del valor de consumo total se basa solo sobre el 20 % de los artículos totales [11].

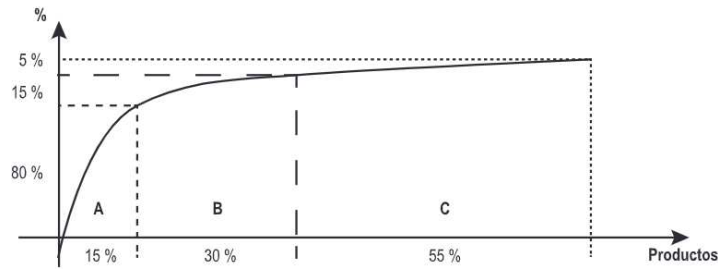


Fig. 1 Representación gráfica de la clasificación ABC

Estudio del Trabajo

Es un examen sistemático de los métodos utilizados en visitas técnicas para la realización de actividades con el objetivo de mejorar el trabajo humano y los recursos de manera eficaz con el fin de establecer estándares de rendimiento respecto a las actividades que se realizan. Es conocido además por ser un instrumento de investigación que dispone una dirección, ya que es una excelente arma para atacar los problemas de la organización descubriendo deficiencias en demás funciones del proceso [12].

Estudio de Métodos

Es el registro sistemático de modos existentes y proyectados que lleva a cabo un trabajador como medio de idear métodos más sencillos y eficaces dentro de una investigación. Existen diversas herramientas y diagramas para el estudio de métodos como:






Diagrama de procedimiento

Son herramientas de representación gráfica que ayudan a establecer de forma cronológica información detallada y estandarizada del proceso productivo el cual se define como la secuencia de operaciones que transforma entradas en salidas de mayor valor [17].

El diagrama de procedimientos emplea varios símbolos que significan acciones de un proceso, se conectan por medio de flechas que representa su secuencia lógica y los encargados de llevarlas a cabo, lo que permite identificar en qué parte del proceso está el problema y analizarlo de mejor manera.

Para elaborar los diagramas de procedimientos se debe tener en cuenta que cada figura geométrica y dibujo simbólico tiene su propio significado, por lo cual es importante mencionar que los símbolos utilizados en los diagramas de procedimiento del proceso en estudio son de los establecidos por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos – ASME, los mismos que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Simbología ASME para los diagramas de procedimiento

Símbolo	Acción	Descripción
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección	Indica que se verifica la calidad y/o cantidad de algo.
	Desplazamiento o transporte	Indica el movimiento de los empleados, material y equipo de un lugar a otro.
	Depósito provisional o espera	Indica demoras en el desarrollo de los hechos
	Almacenamiento permanente	Indica el depósito de un documento o información dentro de un archivo, o de un objeto cualquiera en un almacén.

Medición de trabajo

Estudio de tiempos

Esta técnica que se caracteriza por evitar movimientos innecesarios que solo hacen que el tiempo de operación sea mayor. En otras palabras, es una herramienta que sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen un determinado proceso, además de analizar los movimientos que son realizados por parte de los trabajadores implicados en el desarrollo de dicha operación. Presenta varios objetivos como minimizar el tiempo requerido para la realización de algún trabajo, conservar los recursos, proporcionar un producto que sea cada vez más confiable y de mayor calidad para el cliente, eliminar o reducir los movimientos que no sean necesarios [13]. Una de las herramientas más utilizadas para el estudio de tiempos es la del cronometraje la cual se detalla a continuación:

Estudio de tiempos con cronometro

El cálculo de tiempos de trabajo por medio del cronómetro es el sistema más utilizado en las industrias ya que permite de una manera sistemática medir la actividad del trabajador considerando aspectos como los descansos, ritmo y valoración propios del trabajo. Para la realización de un correcto cronometraje industrial lo primero que se debe hacer es descomponer en las diversas partes que la forman, denominadas elementos, y calcular el tiempo tipo de cada uno de ellos. La suma de los tiempos tipo elementales determinan el valor del tiempo tipo de la tarea [14].

Tamaño de la muestra

Algunos autores y ciertas empresas como General Electric han adoptado una guía convencional para determinar el número de ciclos que cronometrar y la guía basada en el número total de minutos por el ciclo. A continuación, se muestra la tabla 2 muestra con número de ciclos a cronometrar.

Tabla 2 Número de ciclos a cronometrar según General Electric

General Electric											
Parámetro	Hasta										Más de
Minutos por ciclo	0.1	0.25	0.50	0.75	1	2	5	10	20	40	40
Número de ciclos recomendado	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

El proceso que se sigue para el cálculo del tiempo consta de varias etapas como:

Primera etapa. Observación y anotación de la información: El cronometrador se familiariza con el trabajo a la vez que lo analiza con el máximo detalle posible.

Segunda etapa. Toma de datos: Se toman los tiempos de reloj y se valora el ritmo de trabajo para corregir el tiempo empleado en la ejecución.

Tercera etapa. Recuento de datos: Se determina el tiempo normal al que se tendrán que añadir unos suplementos (% del tiempo normal) con objeto de determinar con exactitud el tiempo que se necesitará para realizar la tarea encomendada [15].

Tiempo Normal (TN)

También llamado tiempo base, se obtiene empleando la ecuación (1) mostrada a continuación:

$$TN = \text{Tiempo Observado} * \text{Factor de Desempeño} \quad (1)$$

Escalas de valorización del ritmo del trabajo

Se la utiliza como un factor de desempeño el cual se le proporciona a un trabajador de acuerdo al como realiza su trabajo. Usualmente a un empleado calificado, que se desenvuelve correctamente en su labor se le asigna el valor de 100%, sin embargo, es frecuente tener personal nuevo o poco capacitado en ciertos procesos que no generan la productividad esperada, en este caso se lo debe calificar con valores inferiores a 100% a criterio del investigador de estudio de tiempos. Actualmente se utilizan varias escalas de variación, pero la más utilizada es la norma británica que va de 0 – 100% como se muestra a continuación en la tabla 3.

Tabla 3 Escala de valoración del ritmo de trabajo de la norma británica

Escala 0-100%	Descripción del desempeño
0	Actividad Nula.
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo.
75	Constante, resuelto sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan.

Continuación **Tabla 3** Escala de valoración del ritmo de trabajo de la norma británica

Escala 0-100%	Descripción del desempeño
100	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido, el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de “virtuoso”, solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

Cuarta etapa. Determinación de datos: Por último, queda medir la frecuencia con que interviene cada elemento en la operación mediante el cálculo de tiempo estándar.

Tiempo estándar (Ts)

También llamado tiempo tipo, se define como el tiempo que necesita un operador para efectuar una unidad de producto, se caracteriza por considerar valores de ritmo de trabajo y suplementarios para su cálculo como se observa en la ecuación (2).

$$Ts = TN * (1 + S) \quad (2)$$

Suplementos (S)

Son tolerancias que se colocan para compensar la fatiga que implica realizar una actividad, se debe tener en cuenta que existen diversos suplementos como: por descanso, contingencia, por razones de política de la empresa y especiales los cuales solo se aplican bajo ciertas condiciones, en la tabla 4 se observa los suplementos por descanso de la OIT donde consta de ponderaciones asignadas dependiendo si son hombres o mujeres los que realizan la actividad, además se presenta el Anexo 1 con la tabla original del libro [14].

Tabla 4 Tabla de suplementos por descanso OIT

Sistema de suplementos por descanso					
Suplementos Constantes					
				H	M
Suplemento por necesidades personales				5	7
Suplemento base por fatiga				4	4
Suplementos Variables					
	H	M		H	M
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	F. Concentración intensa		
B. Suplemento por postura anormal			Trabajos de cierta precisión	0	0
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	G. Ruido		
C. Uso de fuerza/energía muscular			Continuo	0	0
Peso levantado [kg]					
2.5	0	1	Intermitente y fuerte	2	2
5	1	2	Intermitente y muy fuerte	5	5
7.5	2	3	Estridente y fuerte		
10	3	4	H. Tensión mental		
12.5	4	6	Proceso bastante complejo	1	1
15	5	8	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
17.5	7	10	Muy complejo	8	8
20	9	13	I. Monotonía		
22.5	11	16	Trabajo algo monótono	0	0
25	13	20 (máx)	Trabajo bastante monótono	1	1
30	17	-	Trabajo muy monótono	4	4
33.5	22	-	J. Tedio		
D. Mala iluminación			Trabajo algo aburrido	0	0
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo bastante aburrido	2	1
Bastante por debajo	2	2	Trabajo muy aburrido	5	2
Absolutamente insuficiente	5	5			
E. Condiciones atmosféricas					
Índice de enfriamiento Kata				H	M
16				0	
8				10	
4				45	
2				100	

Lean Manufacturing

Es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agreguen valor a un proceso, pero sí trabajo y costo. Se trata de descubrir continuamente las oportunidades de mejora que posee una organización ya que se debe tener en cuenta que siempre va a existir desperdicios que pueden ser eliminados.

Una empresa debe estar dispuesta al cambio constante del mundo globalizado donde se muestre una capacidad de respuesta efectiva que se apoye en herramientas de mejora, prevención, solución de problemas que motive al autocrecimiento de los empleadores y así crear un equilibrio entre las diferentes necesidades de la organización [16].

Tradicionalmente se ha recurrido al esquema de la casa del Sistema de Producción de Toyota para visualizar de mejor manera la filosofía Lean. La idea de utilizar una casa es debido a que en los cimientos y columnas son una parte del sistema estructural fuerte, por lo que si una parte está en mal estado se debilita todo el sistema [17].

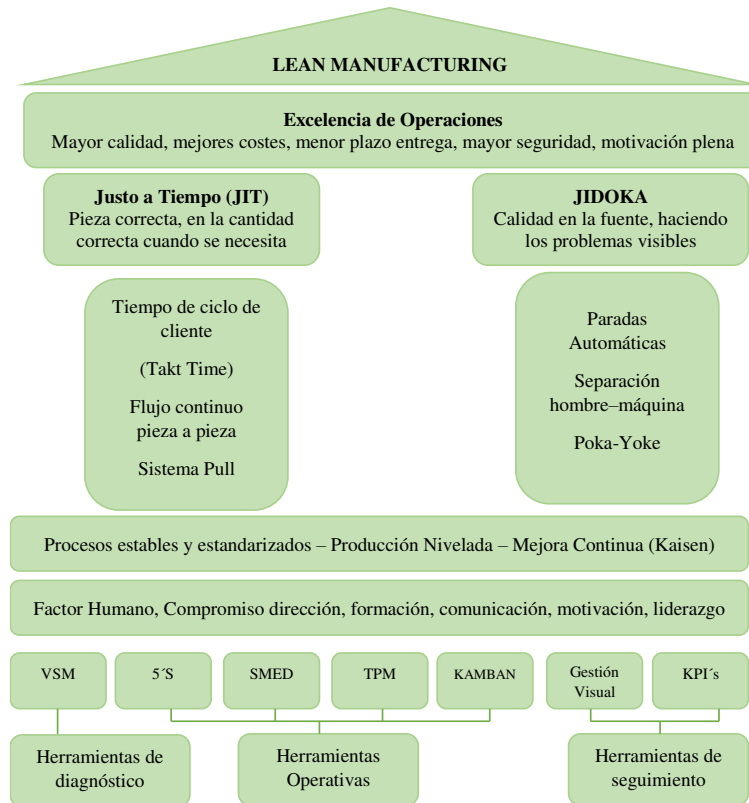


Fig. 2 Estructura del sistema lean [22]

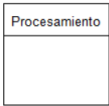

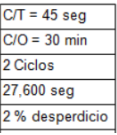



Las técnicas pueden implementarse de forma independiente o conjunta de acuerdo a las características que se presente en un determinado caso. Para su aplicación se debe tener un diagnóstico previo que establezca una ruta idónea a seguir, es por esto que se requiere tener los conceptos claros y una firme voluntad para poder cambiar aspectos que necesiten mejorar [17].

Herramientas de diagnóstico






Mapa de flujo de valor (VSM)

Acrónimo de la lengua inglesa Value Stream Mapping, es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Se dibuja recorriendo personalmente la planta de producción y registrando todo el flujo del valor de realización de la familia de productos analizados, basándose en lo que se ve y no en las informaciones de que pueda disponerse. Para la elaboración del mapa existen diversos iconos relevantes los cuales se detallan a continuación en la tabla 5 [18].

Tabla 5 Íconos relevantes del VSM

Íconos más utilizados en el VSM		
Material	Representa	Cómo usarlo
	Proceso de producción o realización del servicio	Un cuadro de proceso es igual a un área de flujo. Todos los procesos deben ser etiquetados.
	Fuentes externas	Muestra a los clientes, proveedores y procesos de fabricación fuera de la organización.
	Recuadro de datos	Registra la información clave y relativa a un proceso de fabricación.
	Inventario	Las cantidades y tiempos deben anotarse.
	Unidad de transporte para envíos	Anota la frecuencia de los envíos.
	Movimiento de materiales al siguiente paso del proceso	Las materias primas que vienen de un proveedor o el movimiento de productos terminados al cliente.

Continuación **Tabla 5** Íconos relevantes del VSM

Material	Representa	Cómo usarlo
	Flujo manual de información	Ejemplos: Plan de producción o programas de envíos.
	Flujo electrónico de información	Ejemplo: Informática, Base de datos, e-mail.
	Kaisen Burbuja de mejora	Indica necesidades de mejorar en el proceso.
	Horas consumidas, horario, línea de tiempo	Muestra los momentos en el que el proceso añade valor al producto y los tiempos de espera.
	Tiempo Total	Muestra el tiempo en que el proceso aporta un valor añadido al producto y los tiempos totales de espera.

Elaborador por: El investigador

Herramientas operativas

SMED

Acrónimo de la lengua inglesa Single Minute Exchange of Die, es una metodología destinada a mejorar el tiempo de las tareas de cambio de máquina y utillaje para dar el máximo aprovechamiento a la máquina, reducir el tamaño de los lotes, reducir los costes y aumentar la flexibilidad en el servicio a los clientes, cuya traducción es cambio de útiles en pocos minutos. Es importante señalar que puede no ser posible alcanzar el rango de menos de diez minutos para todo tipo de preparaciones de máquinas, pero la metodología reduce drásticamente los tiempos de cambio y preparación en casi todos los casos. Para poder aplicar esta técnica se debe tener en cuenta especialmente los siguientes conceptos:

Actividades internas: Son aquellas que se realizan con la máquina no está funcionando (máquina parada).

Actividades externas: Son aquellas que se pueden hacer cuando la máquina está en funcionamiento (máquina en marcha) [11].

El método consta de varias etapas para su desarrollo las cuales se detallan a continuación:

ETAPA PRELIMINAR: Estudio de la operación de cambio

Se requiere conocer el proceso caso contrario no se puede mejorar. Para lo cual en esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

- Registrar los tiempos de cambio.
- Conocer la media y la variabilidad.
- Estudiar las condiciones actuales del cambio.
- Análisis con cronómetro.
- Entrevistas con operarios
- Grabar en vídeo.
- Sacar fotografías.

Esta etapa es más útil de lo que se cree, ya que el tiempo que se invierte en su estudio puede evitar futuras modificaciones del método al no haber detallado una dinámica de cambio inicial de forma correcta [19].

ETAPA UNO: Separar las actividades internas y externas

Se encarga de separar las actividades que pueden ser realizadas cuando la máquina está en funcionamiento o en marcha, y las actividades que necesitan obligatoriamente que la máquina no esté en funcionamiento o esté parada. Para lo cual se requiere de una observación detallada del proceso con el fin de comprender cómo se lleva a cabo y el tiempo invertido en el mismo, es importante apoyarse en actividades como:

- Videos de las actividades de preparación. Se debe mostrar un panorama completo de los operarios a cargo donde se permita visualizar todos los movimientos.

- Establecer de un equipo de trabajo multidisciplinar. Al contar con la colaboración del personal de producción, que permitan recopilar ideas y aclarar dudas.
- Generación de documento de trabajo. Se requiere resumir de forma simple las actividades realizadas con los respectivos tiempos observados [19].

ETAPA DOS: Convertir actividades internas en externas

En esta etapa se busca que actividades internas pueden realizarse mientras la máquina está en funcionamiento a través de la mejora de métodos o una sencilla modificación de equipamientos o herramientas. Para esto es necesario realizar un listado de las actividades secuenciales, para poder identificar cuáles son internas y externas. Se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo:

- Se sabe que la preparación de las herramientas y de las piezas no debe hacerse con la máquina parada, pero sin embargo se lo hace.
- Los movimientos alrededor de la máquina y los ensayos se consideran operaciones internas.

Es importante realizar una lista de comprobación con todas las partes y pasos necesarios para una operación, incluyendo nombres, especificaciones, herramientas, parámetros de la máquina, etc. A partir de esa lista realizaremos una comprobación para asegurarnos de que no hay errores en las condiciones de operación, evitando pruebas que hacen perder el tiempo [19].

ETAPA TRES: Perfeccionar las actividades internas y externas

Se enfoca en reestablecer los aspectos de las actividades de preparación, incluyendo todas las actividades elementales tanto internas como externas. Además, se mejora según los criterios de análisis y métodos. A continuación, se aporta algunas soluciones tipo para el SMED.

1. Propuestas de mejora para las actividades externas:

- Se consigue mejorando el almacenaje y el transporte de piezas y útiles.
- Es útil que el tema de herramientas sea gestionado de forma fundamental.
- Es necesario preguntarse lo siguiente:
 - ¿Cuál es el mejor modo de organizar todas las herramientas?
 - ¿Cómo se puede tener todas las herramientas en perfectas condiciones y listas para las operaciones siguientes?
 - ¿Cuántos de estas herramientas hay que tener en stock?

2. Propuestas de mejora para las actividades interna:

- Ejecución de actividades en paralelo.
- Utilización de anclajes funcionales.
- Estandarización de tareas.
- Estandarización de cotas funcionales.
- Elementos de fijación rápidos.
- Útiles complementarios.
- Automatizar, mecanizar procesos [19].

Estrategias tradicionales para perfeccionar las operaciones de preparación

En las empresas se considera la producción diversificada, de bajo volumen como uno de los mayores desafíos, es por esto que se debe notar características importantes en la demanda de pedidos ya sean estos único, o que van a requerir cambios de preparación especiales a diferencia de los pedidos repetitivos que el número de preparaciones se combina con varios lotes en uno. Debido a que, si los tiempos de cambio de máquina no son lo suficientemente bajos, la empresa solo podrá hacer rentable sus lotes de fabricación si estos son grandes, y cuando los lotes son grandes, la manufactura no puede ser ágil [20]. La producción de pequeños lotes tiene desventajas como tan pronto como una operación empieza a desarrollarse y estabilizar su velocidad, la producción tiene que pasar al lote siguiente.

- **Relacionadas a grandes Lotes**

Las operaciones de preparación han demandado tradicionalmente una gran cantidad de tiempo, sin embargo, existe una solución a este problema mediante el aumento de tamaño de lotes. Si la empresa recibe un gran pedido, la producción de un gran lote no planteará mayor problema ya que el tiempo de preparación de maquinaria al dividirse por el tiempo de operación y de preparación de máquina no causa mayor efecto sobre la tasa de producción. Caso contrario cuando existe pedidos diversificados de bajo volumen el impacto de tiempo de preparación es mayor [20]. Dentro del estudio se tomará como guía aproximada los tamaños de lote con un valor de 0 a 500 como pequeño, de 501 a 5000 como mediano y más de 5000 unidades como tamaño de lote grande. En la tabla 6 se puede observar un ejemplo de la influencia del tamaño de lote con respecto al tiempo de preparación.

Tabla 6 Ejemplo sobre la influencia del tiempo de preparación y tamaño de lote

Tiempo de preparación	Tamaño de lote	Tiempo de operación por unidad	Tiempo de operación
4 hrs.	100	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{4 * 60}{100} = 3.4 \text{ min.}$
4 hrs.	1000	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{4 * 60}{1000} = 1.24 \text{ min.}$
4 hrs.	10000	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{4 * 60}{10000} = 1.024 \text{ min.}$

FlexSim

Software de simulación que permite construir y ejecutar modelos en un entorno 3D que se enfoca a la orientación de los procesos de manufactura, logística, manejo de materiales y servicios lo cual permite visualizar un modelo ficticio utilizando datos reales, con el propósito de economizar tiempo, costos frente a una nueva aplicación de metodología en los procesos o pruebas en situaciones reales [21].

Permite rápidamente la construcción de modelos complejos de forma sencilla de manera que facilita la comunicación y comprensión de las ideas para una acertada toma de decisiones.

Por otro lado, las gráficas, reportes y estadísticas que pueden representar los resultados del modelo de simulación de una clara y precisa. Se caracteriza por identificar cuellos de botella, analizar costo beneficio de un proyecto conociendo si una inversión es conveniente, prueba diferentes escenarios para encontrar la manera más eficiente de trabajar [21].

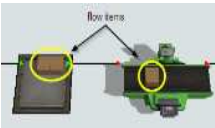
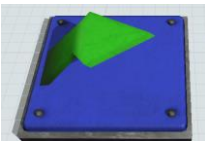
La simulación comienza con un modelo que representa la operación del proceso establecido con características operativas del sistema real, a través del tiempo.

Para asegurar que un sistema sea exitoso se diseña con diversos componentes u objetos que permiten la interrelación del proceso a simular, a todos los objetos se los puede modificar su apariencia fácilmente cambiando el dibujo 3D que se tiene asignado [22].

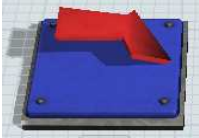
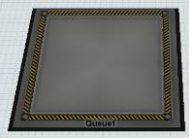
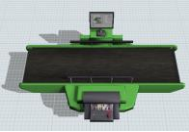


Objetos utilizados para construir un modelo

Flexsim posee una serie de librerías de objetos para simular procesos industriales. A continuación, se presenta la tabla 7 con los principales objetos básicos del software:

Tabla 7 Principales objetos del software FlexSim

Nombre	Imagen	Detalle
Flowitems (Elementos de flujo)		Comprende los objetos que se trasladan a través del modelo.
Source (Entrada)		Consiste en la fuente de entrada de los flowitems.

Continuación **Tabla 7** Principales objetos del software FlexSim

Nombre	Imagen	Detalle
Sink (Salida)		Es utilizado para dar salida a los flowitems del sistema.
Queue (Fila o Buffer de acumulación)		Es una superficie para el almacenamiento de los flowitems.
Processor (Máquina)		Se emplea para simular una etapa de procesamiento de flowitems en el modelo.
Operator (Operario)		Representan a las personas que ejecutan las operaciones en los procesos.
Transporter (Transporte)		Se utiliza para el transporte de objetos pesados de un lado a otro alrededor del modelo [23].

Elaborador por: El investigador

1.3 Objetivos

- **Objetivo General**

- Aplicar la metodología SMED en los procesos de conformado de la empresa Ecuamatrix Cía. Ltda.

- **Objetivos Específicos**

- Identificar los productos de mayor demanda de la línea eléctrica.
- Ejecutar un estudio de tiempos y movimientos en el cambio de matrices de los procesos de conformado.
- Generar un diagnóstico con herramienta VSM sobre la condición actual de las actividades y los procesos del área de conformado.
- Desarrollar las etapas de la metodología SMED en los procesos que presenten mayores retrasos.








CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Para la realización del trabajo de investigación se utilizó diferentes equipos de medición y softwares, los cuales algunos fueron proporcionados por parte de la empresa y otros son proporcionados por el investigador, con el fin de cumplir los objetivos planteados en el estudio, en la tabla 8 se detalla la utilidad e imágenes de los mismos.

Tabla 8 Materiales utilizados en el desarrollo del trabajo de investigación

N.	Material	Imagen	Utilidad
1	Cronómetro		Equipo calificado utilizado para el estudio de tiempos y movimientos en el proceso de cambio de matriz y procesos productivos.
2	Video cámara		Dispositivo que captura imágenes y sonidos, permitiendo evidenciar los procesos de preparación de maquinaria y de este modo no se pase de alto alguna actividad.
3	Flexómetro		Instrumento de medición portátil que permite calcular distancias entre objetos del área de estudio.
4	Microsoft Excel		Hoja de cálculo utilizada para la determinación de los tiempos estándar para el cambio de matriz y capacidades de producción.
5	AutoCAD		Software para la elaboración del plano del área de conformado para conocimiento de distribución actual de la sección.
6	Microsoft Visio		Software empleado para la realización de organigrama, diagramas de flujo del proceso y de la línea eléctrica.
7	FlexSim		Software utilizado para la simulación de los procesos y comparación de resultados ya calculados.

Para el desarrollo de la metodología las herramientas y técnicas empleadas en la investigación son:

- **Organigrama estructural:** Permite dar a conocer de manera gráfica como se encuentra estructurada actualmente la organización de la empresa y la manera de su relación jerárquica.
- **Diagrama de Flujo:** Da a conocer los pasos del proceso de la línea en estudio en este caso la línea eléctrica desde la entrega de materia prima hasta el producto terminado.
- **Cursograma Analítico:** Representa el curso del proceso en orden de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes con el fin de que sea más fácil detectar algún error.
- **Entrevista:** Herramienta utilizada por el investigador con el propósito de conocer información del área en estudio y el manejo del mismo, por lo tanto, va dirigida al líder encargado del área.
- **Ficha para el cambio de matriz:** Elaborado por el investigador para dar a conocer de mejor manera el procedimiento de ejecución de las actividades para el cambio de matriz.

2.2. Métodos

- Modalidad de la Investigación

El desarrollo del trabajo de investigación busca aprovechar y aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, con el propósito de solucionar de manera teórica-práctica la problemática en el tiempo de preparación de maquinaria. Se empleó diferentes tipos de investigación las cuales se muestran a continuación:

Investigación Bibliográfica – Documental

Se tomó información de fuentes bibliográficas válidas como artículos publicados, libros, tesis de grado, posgrado entre otros que respalden y sustenten la metodología a usarse. Además, permitió ampliar el conocimiento en el tema y solventar dudas del mismo ya que se pudo comparar diferentes criterios de autores.

Investigación de campo

Para la obtención de datos se requiere acudir a las instalaciones de la empresa Ecuamatrix Cía. Ltda. y generar un contacto directo que muestre la realidad del problema en los procesos de conformado, por lo cual es necesario contar con visitas técnicas, observación del investigador, el apoyo de los operadores del área y videos puntuales donde se visualice los diferentes métodos del trabajo, con el fin de llevar a cabo el estudio planteado y de esta manera transmitir información verídica hacia la parte interesada.

Investigación aplicada

Se considera este tipo de modalidad debido a que se aprovecha los conocimientos adquiridos durante la carrera y la experiencia práctica en la empresa, para lo cual se busca solucionar la problemática presente en los procesos de conformado utilizando estrategias y herramientas de diagnóstico y operativas. Además de dejar evidenciado el proceso de la investigación a través de fotografías, videos, documento de investigación, que avalan dicho cumplimiento.

- Población y Muestra

El estudio se aplicará en los procesos de conformado para lo cual se contará con la colaboración de todo el personal que labora en el área de la empresa Ecuamatrix Cía. Ltda., que consta de 10 personas de sexo masculino los cuales se desempeñan en diferentes tareas. Debido a que la población es inferior a 100 individuos, se requiere trabajar con el

100% de la población, por lo tanto, todos los trabajadores implicados pasan a formar parte de la muestra. En la tabla 9 se puede ver el número de trabajadores del área de conformado, de los cuales 9 representan a los obreros asignados para los procesos y 1 al líder encargado del área en estudio.

Tabla 9 Número de trabajadores en el área de conformado

Población	Número de personas
Procesos de conformado	9
Líder del área	1
Total	10

- **Recolección de Información**

La investigación se realizará mediante la observación del investigador a través de visitas técnicas a la empresa Ecuamatrix Cía. Ltda. y la utilización de registros de las actividades en los procesos de conformado, apoyándose en herramientas como entrevistas, fichas para el cambio de matriz en el área entre otros instrumentos detallados en la tabla 8.

- **Procesamiento y Análisis de Datos**

Establecida la información del estudio se procederá a organizarla a través de una depuración de ideas que permitan procesar y analizar coherentemente el enfoque del estudio, asimismo se realizará tabulaciones de datos del proceso de preparación de maquinaria y proceso productivo para finalmente interpretar de manera sintética los resultados obtenidos en donde se apoyará en la simulación de los procesos de manera que se aprecie gráficamente y se verifique los tiempos, capacidades de producción calculadas.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

- **Desarrollo de la propuesta**



Introducción de la empresa

La empresa Ecuamatriz se dedica a la fabricación y producción de elementos metalmecánicos y plásticos de ingeniería tales como: cajas para medidores de luz, carretillas, palas, piezas para sistemas de escape, contenedores para basura, entre otros. Posee más de 30 años de experiencia, cuenta con maquinaria de última tecnología a nivel mundial, esto con el propósito de que la compañía sea una potencia en el campo de la industria y brinde productos, servicios que cumplan las expectativas de sus clientes [24].

Reseña Histórica

Ecuamatriz Cía. Ltda. se crea por el emprendimiento de los socios Fernando Valencia y Gustavo Villacreses en el año 1988 en Ambato sector Huachi Belén, debido a la necesidad existente en el Ecuador de contar con una empresa que se caracterice por la construcción de todo tipo de matricería para usos industriales. Para el año 2000 la empresa se reubica en el Parque Industrial de Izamba, en donde permanece 12 años, tiempo en que la organización incrementa su producción, y la sociedad con Villacreses llega a su final. Con el propósito de alcanzar nuevos objetivos en el 2012 la organización se traslada a nuevas instalaciones en la parroquia Santa Rosa en donde se encuentra ubicada en la actualidad [9]. A continuación, en la tabla 10 se observa datos informativos de la empresa en estudio.

Tabla 10 Datos informativos de la empresa

	ECUAMATRIZ CÍA LTDA	
Filosofía Empresarial		
Misión	<p>“Ser una Empresa de procesamiento de metales y plásticos que desarrolla soluciones y comercializa productos de calidad para todos los clientes, nacionales y extranjeros; utilizando tecnologías apropiadas, adaptadas o creadas internamente; cumpliendo con el personal, proveedores y accionistas a través de una relación justa que proporcione beneficios para cada uno”.</p>	
Visión	<p>“En el año 2020 Ecuamatriz será una empresa de clase mundial generadora de prosperidad y bienestar para sus colaboradores, accionistas y el país; a través de la pasión por la excelencia, la competitividad y la mejora continua”.</p>	
Valores de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Creatividad: Desarrollo de nuevas ideas para la construcción de soluciones en productos, procesos y servicios. • Lealtad: Respeto hacia compromisos adquiridos y la confianza depositada en la empresa. • Honestidad: Se promueve la verdad como una herramienta elemental para credibilidad. • Perseverancia: Los retos son asumidos sin marcha atrás. • Disponibilidad de cambio: Abiertos a la adopción de nuevas tecnologías que contribuyan a la mejora y de la organización. 	
Política de Calidad		
<p>“Somos una empresa que diseña, produce y comercializa cajas de protección y distribución de energía eléctrica, cajas para protección de medidor de agua potable, contenedores metálicos de desechos y carretillas, cumpliendo con los requisitos de las partes interesadas, la legislación aplicable y generando rentabilidad a través de la mejora continua de nuestros procesos”.</p>		
Información de la Empresa		
Propietario	Fernando Valencia	
Gerente General	Marco Alfredo Núñez Moreno	
Razón social	Ecuatoriana de Matricería Ecuamatriz Cía. Ltda.	
Actividad Económica	Fabricación de productos primarios de acero	
RUC	1890108241001	
Sector	Metalmecánico	
Ubicación	Santa Rosa, Vía Ecológica S/N y Monseñor Bernardino Echeverría	

Continuación **Tabla 10** Datos informativos de la empresa

	ECUAMATRIZ CÍA LTDA	
 <p>Fig. 3 Vista satelital de la empresa</p>		
Teléfono	032755189	
Correo	www.ecuamatrix.com	
Número de trabajadores		
Tipo de personal	Presidente	1
	Gerente	1
	Dep. Administrativo	29
	Dep. Ing. Producción	6
	Almacén y Logística	7
	Mantenimiento	7
	Matricería	10
	Inyección	2
	Corte	2
	Conformado	10
	Soldadura	6
	Ensamble	2
	Pintura	7
Armado	11	
Total		101

Elaborador por: El investigador

Organigrama empresarial

La estructura de la empresa se muestra de manera jerárquica mediante una representación gráfica informativa, en la cual se da a conocer las relaciones departamentales. El conocimiento del organigrama es importante para el estudio debido a que permite precisar las competencias de la organización, como se observa a continuación en la figura 4:

Organigrama Estructural

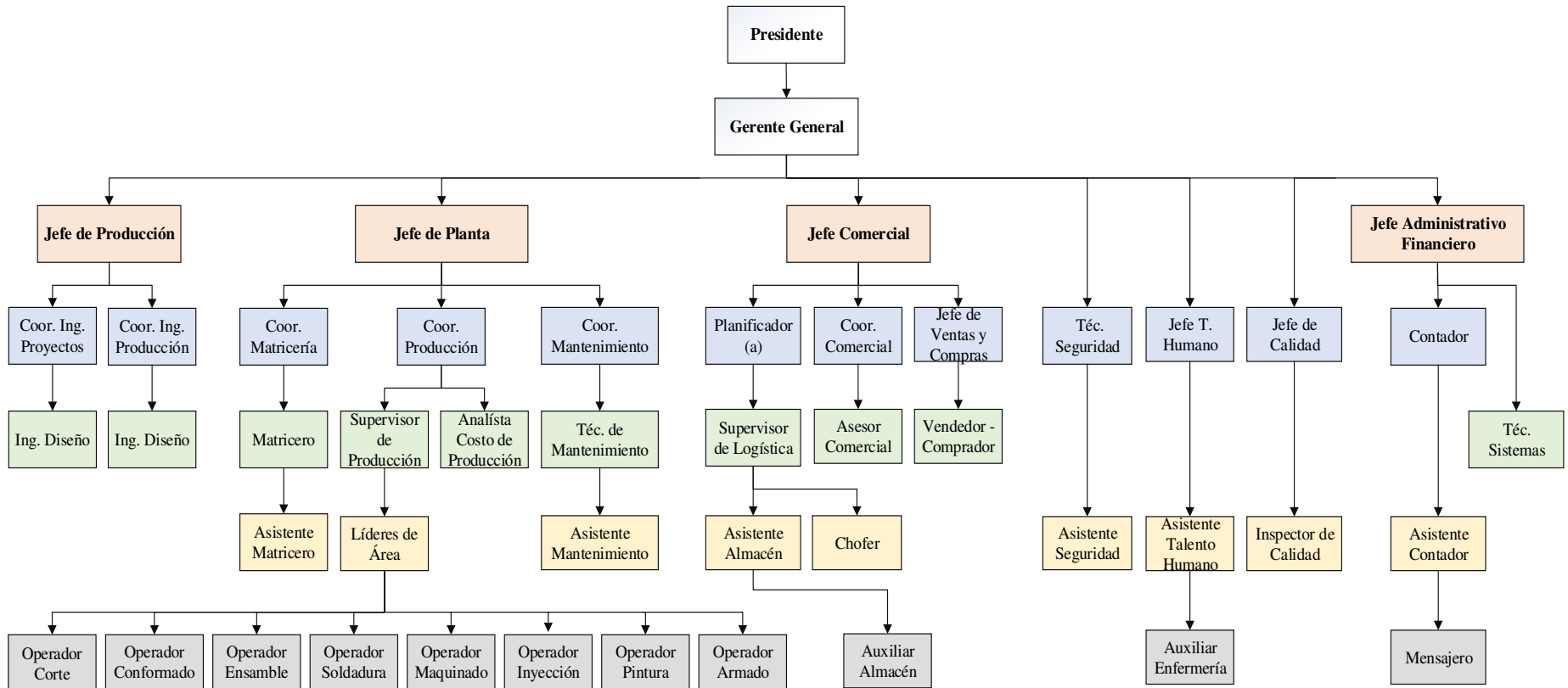


Fig. 4 Organigrama de la empresa

Elaborador por: El investigador

Diagrama de flujo del proceso

La empresa se encuentra organizada en diferentes áreas o secciones de trabajo en las cuales se desarrollan actividades, procesos para la elaboración de productos según requiera el cliente como se observa en la figura 5. Adicionalmente la empresa cuenta con el servicio de Matricería que se encarga de prestar servicios de fabricación de moldes y troqueles.

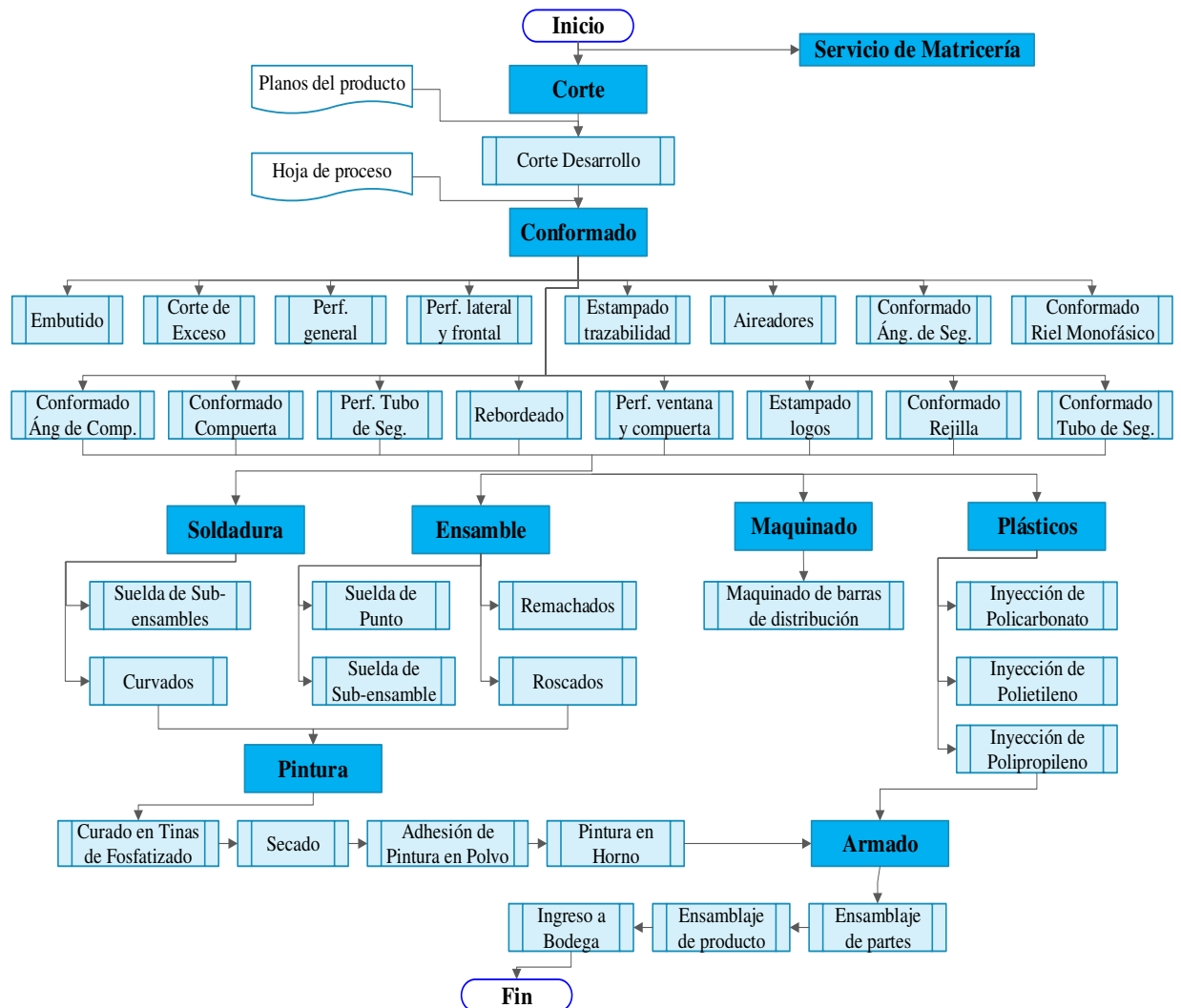


Fig. 5 Diagrama de flujo del proceso de producción

Elaborador por: El investigador

Descripción de las áreas

- **Área de corte:** Se realiza los procesos de corte desarrollo en láminas de acuerdo a especificaciones de los planos, para lo cual se cuenta con máquinas guillotinas manuales que permiten realizar este proceso.



Fig. 6 Área de corte

- **Área de conformado:** Se da la forma a los productos requeridos mediante la utilización de matrices y maquinarias como troqueladoras neumáticas, mecánicas y prensas hidráulicas conjuntamente con procesos manuales.



Fig. 7 Área de conformado

- **Área de ensamble:** Se ejecuta operaciones de remachado doblado de rebordeados y unión de elementos pequeños para ello se utilizan remachadoras neumática dobladora manual y una soldadora de punto.



Fig. 8 Área de ensamble

- **Área de maquinado:** Se realiza todo tipo de perforaciones a los productos de acuerdo a especificaciones de planos de diseño.



Fig. 9 Área de maquinado

- **Área de soldadura:** Se une los subconjuntos de cada producto a través de procesos de soldadura MIG a base de CO_2 .



Fig. 10 Área de soldadura

- **Área de plásticos:** Se inyecta una mezcla de polímeros en estado fundido en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta, el cual permite tomar la forma del producto solicitado.



Fig. 11 Área de plásticos

- **Área de pintura:** Se ejecutan operaciones de desengrase, fosfatizado, pintado con pintura en polvo y curado mediante la utilización de un horno para garantizar que los productos sean resistentes y que no necesite reproceso.



Fig. 12 Área de pintura

- **Área de armado:** Se realiza el ensamble total de los diferentes productos procesados, una vez terminados se empaca y se pasa a almacenarse en la bodega.



Fig. 13 Área de armado

Productos ofertados por la empresa

La empresa Ecuamatrix Cía. Ltda. cuenta con 7 líneas de producción disponibles hacia el mercado las cuales buscan satisfacer y dar respuestas a las necesidades y expectativas reales que tienen los clientes, para lo cual dentro del estudio es importante detallar los diversos productos que intervienen dentro de cada línea. A continuación, en la tabla 11 se muestra el detalle del mismo:

Tabla 11 Detalle de líneas de fabricación Ecuamatrix Cía. Ltda.

Detalle de líneas de fabricación Ecuamatrix Cía. Ltda.	
1. Línea Eléctrica	2. Línea de Servicios
<ul style="list-style-type: none"> • Caja protectora plástica para medidor de luz. • Caja protectora híbrida para medidor de luz. • Caja protectora metálica para medidor de luz. • Caja para centro de distribución. • Caja para centros de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prensa: doblados, troquelados, embutidos. • Matricería: fabricación de moldes y troqueles. • Maquinado CNC: 3,4,5 ejes • Inyección de Plásticos: inyección de policarbonatos. • Pintura: cajas protectoras metálicas
3. Línea Construcción	4. Línea Agua
<ul style="list-style-type: none"> • Carretilla clásica. • Carretilla plástica. • Pala cuadrada templada 	<ul style="list-style-type: none"> • Caja metálica de medidor de agua. • Marco metálico de medidor de agua.
5. Línea Blanca	6. Línea de Contenedores
<ul style="list-style-type: none"> • Bisagra gabinete crudo. • Soporte posterior cocina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contenedor Town / cap. 1300L • Contenedor City / cap. 2400 y 3200L. • Contenedor Metrópoli / cap. 2400 y 3200L.
7. Línea Hogar	
<ul style="list-style-type: none"> • Bandeja inoxidable. 	

Para el estudio se considera seleccionar la línea de fabricación que genere mayores ingresos económicos en el periodo enero – junio 2019 con el objetivo de trabajar con los productos que mantengan una demanda superior en el mercado. A continuación, se muestra la tabla 12 con los valores económicos proporcionados por la jefa de ventas con su respectivo porcentaje:

Tabla 12 Resumen estadística de ventas Ecuamatrix Cía. Ltda. (enero - junio) 2019

Resumen Estadística de Ventas periodo Enero – Junio 2019									
Cód.	Línea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	TOTAL	%
2010	Eléctrica	\$114,434.80	\$175,020.26	\$197,729.26	\$185,893.31	\$ 99,098.06	\$ 40,277.70	\$ 812,453.39	74.31
2070	Hogar	\$ -	\$ 40,100.00	\$123,200.00	\$ 8,738.10	\$ -	\$ -	\$ 172,038.10	15.74
2020	Construc.	\$ 14,321.02	\$ 17,113.08	\$ 9,695.60	\$ 9,143.45	\$ 18,337.60	\$ 11,218.10	\$ 79,828.85	7.3
2030	Agua	\$ 4,800.00	\$ -	\$ -	\$ 7,387.50	\$ 27.50	\$ 1,104.00	\$ 13,319.00	1.22
2050	Blanca	\$ 70.69	\$ 987.80	\$ 148.37	\$ 1,164.07	\$ 2,619.08	\$ 6,536.93	\$ 11,526.94	1.05
3010	Servicios	\$ 450.00	\$ 2,252.69	\$ 864.00	\$ 565.12	\$ -	\$ -	\$ 4,131.81	0.38
TOTAL (\$)		\$134,076.51	\$235,473.83	\$331,637.23	\$212,891.55	\$120,082.24	\$ 59,136.73	\$1,093,298.09	100

Elaborador por: El investigador

Una vez determinados los valores totales de venta del periodo seleccionado se procede a escoger el más representativo en este caso la línea eléctrica con un 74.31% de participación en el mercado, por lo cual indica que es la que permite un mayor ingreso monetario hacia la empresa y una gran preferencia de los clientes con respecto a la línea, por lo tanto, se considera para el estudio planteado la selección del producto estrella que pertenezca a este grupo selecto.

Diagrama de flujo de la línea eléctrica

En la figura 14 se puede visualizar de manera general el flujo de datos que se realizan para conseguir los productos pertenecientes a la línea, en donde se detalla el inicio del proceso en el área de corte y fin del diagrama, los procesos, líneas flujo:

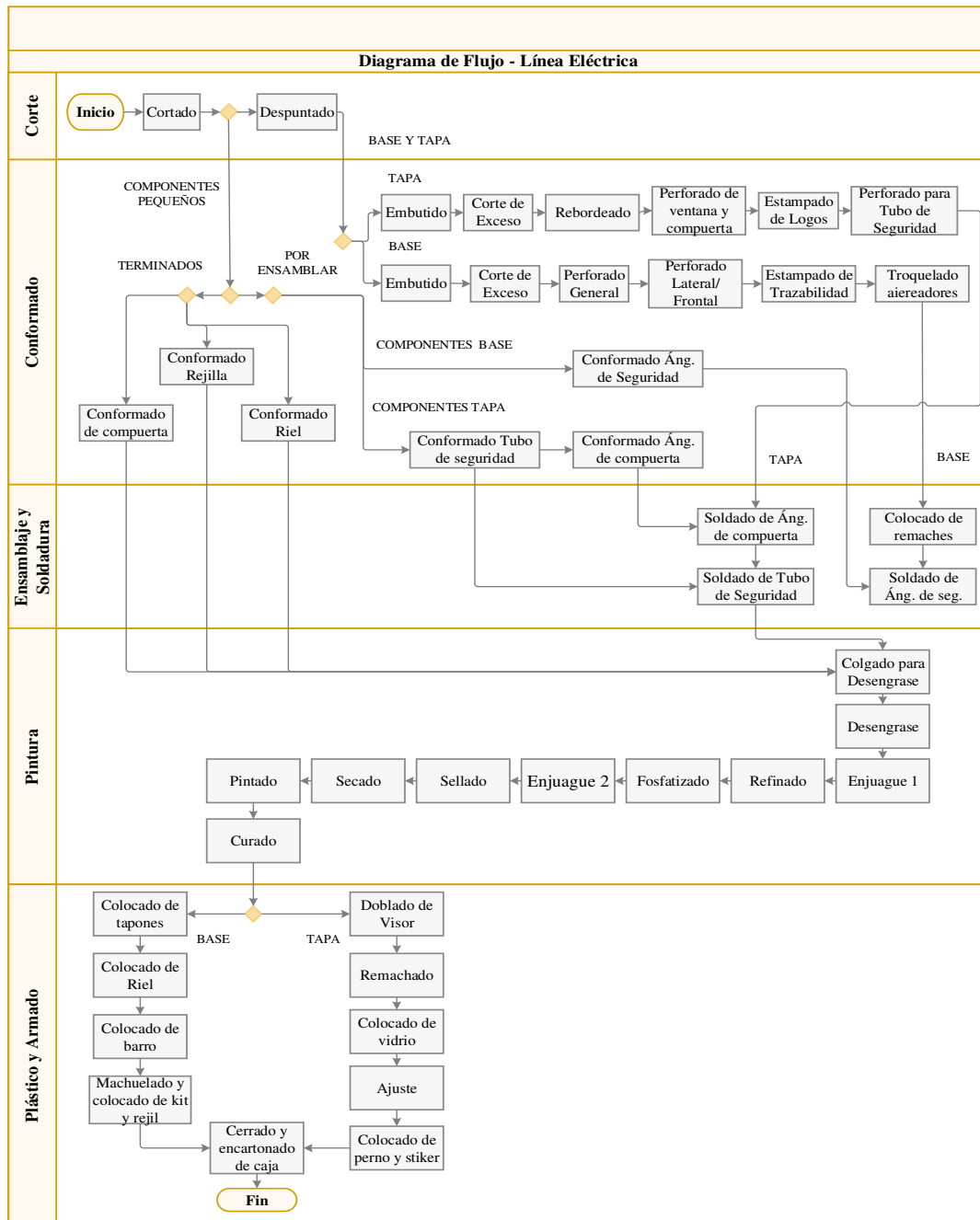


Fig. 14 Diagrama de flujo - línea eléctrica

Elaborador por: Departamento de Producción

Productos que oferta la línea eléctrica

Las cajas de uso eléctrico se caracterizan por ser compartimentos que protegen a los equipos instalados en su interior (medidores eléctricos) de las condiciones ambientales, así como de la manipulación de personal no autorizado. Ecuamatrix Cía. Ltda. se caracteriza por fabricar varios modelos de cajas protectoras y cajas para centros de distribución de acuerdo a las especificaciones del cliente y del servicio que vaya a brindar el producto. A continuación, se enlista los diferentes modelos de cajas, además la tabla 13 se muestra el detalle de los productos de la Línea Eléctrica.

- Caja protectora plástica para medidor de luz.
- Caja protectora híbrida para medidor de luz.
- Caja protectora metálica para medidor de luz.
- Cajas para centros de distribución.
- Caja para centros de carga.

Tabla 13 Detalle productos línea eléctrica

N.	Código	Nombre
1	20-10-03-0011	Caja metálica bifásica 300 x 200 x 100 marco plástico EEASA
2	20-10-03-0009	Caja metálica bifásica 300 x 200 x 100 marco plástico EEASA (nueva)
3	20-10-12-0023	Caja metálica con pantalla de medidor 650 x 450 x 370 CNELEOR
4	20-10-04-0009	Caja metálica polifásica 400 x 220 x 105 marco plástico y agujero emt ELEPCO
5	20-10-01-0032	Caja metálica de distribución bifásica de acometidas aéreas 370 x 300 x 140 EEQ
6	20-10-13-0004	Caja metálica vertical para 4 medidores 1020 x 700 x 100 CENTROSUR
7	20-10-13-0003	Caja metálica horizontal para 4 medidores 860 x 700 x 100 CENTROSUR
8	20-10-03-0018	Caja metálica bifásica 300 x 200 x 100 marco plástico con agujero emt EEASA
9	20-10-13-0002	Caja metálica vertical para 2 medidores trifásicos 1020 x 250 x 100 CENTROSUR
10	20-10-01-0005	Caja metálica polifásica 400 x 220 x 125 marco plástico y barra bronce estañada EEQ
11	20-10-13-0001	Caja metálica horizontal para 2 medidores trifásicos 620 x 470 x 100 CENTROSUR
12	20-10-04-0008	Caja metálica polifásica 400 x 220 x 125 marco plástico y agujero emt ELEPCO
13	20-10-01-0033	Caja metálica de distribución trifásica de acometidas aéreas 370 x 300 x 140 EEQ
14	20-10-03-0015	Caja metálica de distribución trifásica 300 x 200 x 105, 4 barras 2-6 EEASA

Continuación **Tabla 13** Detalle productos línea eléctrica

N.	Código	Nombre
15	20-10-05-0001	Caja híbrida polifásica nueva 400 x 220 x 128 EERSA
16	20-10-05-0002	Caja metálica bifásica 300 x 200 x 125 marco plástico EERSA
17	20-10-01-0001	Caja metálica de distribución bifásica 300 x 200 x 105 EEQ
18	20-10-12-0018	Caja de distribución bifásica de policarbonato 300 x 200 x 125 CNEL-EP 3 barras 2-6
19	20-10-01-0011	Caja híbrida polifásica 400 x 220 x 125 barra bronce estañada EEQ
20	20-10-05-0003	Tablero de protección para 9 medidores bifásicos
21	20-10-01-0006	Caja metálica polifásica 400 x 220 x 160 marco plástico y barra bronce estañada EEQ
22	20-10-01-0002	Caja metálica polifásica 400 x 220 x 125 marco plástico y barra bronce estañada EEQ
23	20-10-04-0003	Caja metálica de distribución bifásica 300 x 200 x 105 seguro candado ELEPCO
24	20-10-04-0006	Caja metálica polifásica 400 x 220 x 125 marco plástico ELEPCO
25	20-10-04-0016	Caja metálica polifásica 400 x 220 x 125 mm ELEPCO
26	20-10-07-0004	Caja híbrida polifásica 400 x 220 x 125 EEACA
27	20-10-12-0024	Caja metálica con pantalla de medidor 500 x 400 x 200 CNEL los Ríos
28	20-10-12-0025	Caja metálica con pantalla de medidor 600 x 400 x 200 CNEL los Ríos
29	20-10-99-0070	Caja metálica distribución bifásica 400 x 200 x 105 E.E.P.G.

Elaborador por: El investigador

Selección del producto a analizar de la línea eléctrica

El trabajo de investigación se realizará en base a los datos proporcionados por la empresa Ecuamatrix Cía. Ltda. Para que el estudio tenga mayor relevancia se considera trabajar con el análisis ABC permitiendo clasificar a los productos de acuerdo a su contribución en la facturación de la industria, además de priorizar los recursos hacia el producto de mayor impacto, en lugar de centrar esfuerzos por igual en todos los productos y de esta manera conocer el modelo más demandado por los clientes.

Análisis ABC

La información que se presenta a continuación en la tabla 14 muestra el inventario de ventas del semestre (enero – junio) 2019 de la empresa, donde se detalla los diferentes

códigos de los productos de la línea eléctrica, las unidades vendidas o consumo y el costo unitario facilitando de esta manera el análisis estratégico de los datos. Esta información es tomada del sistema de la empresa gracias al apoyo del jefe de ventas.

Tabla 14 Ventas periodo enero - junio 2019 de la línea eléctrica

N.	Código	Unidades Vendidas	Costo Unitario
1	20-10-03-0011	13487	\$ 11.79
2	20-10-03-0009	7000	\$ 12.75
3	20-10-12-0023	861	\$ 88.02
4	20-10-04-0009	2962	\$ 20.49
5	20-10-01-0032	713	\$ 56.40
6	20-10-13-0004	155	\$ 211.30
7	20-10-13-0003	155	\$ 202.30
8	20-10-03-0018	2437	\$ 11.20
9	20-10-13-0002	134	\$ 71.68
10	20-10-01-0005	414	\$ 22.59
11	20-10-13-0001	133	\$ 67.90
12	20-10-04-0008	211	\$ 21.70
13	20-10-01-0033	70	\$ 63.00
14	20-10-03-0015	114	\$ 38.30
15	20-10-05-0001	170	\$ 21.70
16	20-10-05-0002	160	\$ 18.00
17	20-10-01-0001	46	\$ 43.00
18	20-10-12-0018	45	\$ 35.30
19	20-10-01-0011	20	\$ 26.00
20	20-10-05-0003	1	\$ 380.00
21	20-10-01-0006	1	\$ 22.20
22	20-10-01-0002	0	\$ -
23	20-10-04-0003	0	\$ -
24	20-10-04-0006	0	\$ -
25	20-10-04-0016	0	\$ -
26	20-10-07-0004	0	\$ -
27	20-10-12-0024	0	\$ -
28	20-10-12-0025	0	\$ -
29	20-10-99-0070	0	\$ -

Elaborador por: El investigador

Se inicia ordenando de mayor a menor de acuerdo a las unidades vendidas en el periodo establecido enero – junio 2019 y se detalla el costo unitario promedio de cada producto de la línea en estudio, seguidamente para obtener el valor vendido total se hace uso de la ecuación (3):

$$\text{Valor vendido} = \text{Unidades vendidas} * \text{Costo unitario} \quad (3)$$

$$\text{Valor vendido} = 13487 \text{ u} * \$11.79$$

$$\text{Valor vendido} = \$159011.73$$

Una vez hallado el resultado se considera ordenar los datos de nuevo con respecto a la variable valor vendido de forma descendente ya que esta representa la totalidad de la venta de los productos que oferta la línea eléctrica. Se prosigue a calcular el porcentaje de participación para cada código utilizando la siguiente ecuación (4):

$$\% \text{ participación} = \frac{\text{Valor vendido}}{\text{Total de Valor Vendido}} \quad (4)$$

$$\% \text{ participación} = \frac{\$ 159011.73}{\$ 568737.18} * 100 \%$$

$$\% \text{ participación} = 27.96 \%$$

Después se realiza el cálculo del porcentaje de participación acumulada a través de la ecuación (5):

$$\% \text{ participación acumulada} = \% \text{ de participación}_{i-1} + \% \text{ de participación}_i \quad (5)$$

$$\% \text{ participación acumulada} = 0\% + 27.96\%$$

$$\% \text{ participación acumulada} = 27.96 \%$$

La tabla 15 indica el análisis ABC con los respectivos resultados obtenidos al aplicar las ecuaciones detalladas con anterioridad.

Tabla 15 Análisis ABC de la línea eléctrica

N.	Código	Unidades vendidas	Costo Unitario	Valor vendido	% Participación	% P. Acumulada
1	20-10-03-0011	13487	\$ 11.79	\$ 159,011.73	27.96%	27.96%
2	20-10-03-0009	7000	\$ 12.75	\$ 89,250.00	15.69%	43.65%
3	20-10-12-0023	861	\$ 88.02	\$ 75,785.22	13.33%	56.98%
4	20-10-04-0009	2962	\$ 20.49	\$ 60,683.98	10.67%	67.65%
5	20-10-01-0032	713	\$ 56.40	\$ 40,216.05	7.07%	74.72%

Continuación **Tabla 15** Análisis ABC de la línea eléctrica

N.	Código	Unidades vendidas	Costo Unitario	Valor vendido	% Participación	% P. Acumulada
6	20-10-13-0004	155	\$ 211.30	\$ 32,751.50	5.76%	80.48%
7	20-10-13-0003	155	\$ 202.30	\$ 31,356.50	5.51%	85.99%
8	20-10-03-0018	2437	\$ 11.20	\$ 27,282.22	4.80%	90.79%
9	20-10-13-0002	134	\$ 71.68	\$ 9,605.12	1.69%	92.48%
10	20-10-01-0005	414	\$ 22.59	\$ 9,351.57	1.64%	94.12%
11	20-10-13-0001	133	\$ 7.90	\$ 9,030.70	1.59%	95.71%
12	20-10-04-0008	211	\$ 21.70	\$ 4,578.70	0.81%	96.51%
13	20-10-01-0033	70	\$ 63.00	\$ 4,410.00	0.78%	97.29%
14	20-10-03-0015	114	\$ 38.30	\$ 4,366.20	0.77%	98.06%
15	20-10-05-0001	170	\$ 21.70	\$ 3,689.00	0.65%	98.70%
16	20-10-05-0002	160	\$ 18.00	\$ 2,880.00	0.51%	99.21%
17	20-10-01-0001	46	\$ 43.00	\$ 1,978.00	0.35%	99.56%
18	20-10-12-0018	45	\$ 35.30	\$ 1,588.50	0.28%	99.84%
19	20-10-01-0011	20	\$ 26.00	\$ 520.00	0.09%	99.93%
20	20-10-05-0003	1	\$ 380.00	\$ 380.00	0.07%	100.00%
21	20-10-01-0006	1	\$ 22.20	\$ 22.20	0.00%	100.00%
22	20-10-01-0002	0	\$ -	\$ -	0.00%	100.00%
23	20-10-04-0003	0	\$ -	\$ -	0.00%	100.00%
24	20-10-04-0006	0	\$ -	\$ -	0.00%	100.00%
25	20-10-04-0016	0	\$ -	\$ -	0.00%	100.00%
26	20-10-07-0004	0	\$ -	\$ -	0.00%	100.00%
27	20-10-12-0024	0	\$ -	\$ -	0.00%	100.00%
28	20-10-12-0025	0	\$ -	\$ -	0.00%	100.00%
29	20-10-99-0070	0	\$ -	\$ -	0.00%	100.00%

Elaborador por: El investigador

Detallado el cálculo del porcentaje de participación, se procede a clasificar los productos de acuerdo a los siguientes criterios:

- **Productos zona A:** Son los más importantes ya que representan a los productos de mayor valor. Suele representar el 20% de todas las unidades, representando el 80% del valor.

- **Productos zona B:** Poseen importancia secundaria, es intermedia entre los productos de la zona A y C. Suelen ser entre el 30% de las referencias con un valor del 15%.
- **Productos zona C:** Tienen poca importancia ya que representan en entorno al 50% de las referencias, pero constituyen un 5% de valor, y por lo tanto no requieren mayor supervisión.

Una vez considerado los criterios establecidos se identifica los productos de línea eléctrica de acuerdo a la zona como se ilustra en la tabla 16 a continuación:

Tabla 16 Clasificación ABC de los productos de la línea eléctrica

N.	Código	% P. Acumulada	Clasificación	%
1	20-10-03-0011	27.96%	A	74.72%
2	20-10-03-0009	43.65%	A	
3	20-10-12-0023	56.98%	A	
4	20-10-04-0009	67.65%	A	
5	20-10-01-0032	74.72%	A	
6	20-10-13-0004	80.48%	B	19.40%
7	20-10-13-0003	85.99%	B	
8	20-10-03-0018	90.79%	B	
9	20-10-13-0002	92.48%	B	
10	20-10-01-0005	94.12%	B	
11	20-10-13-0001	95.71%	C	5.88%
12	20-10-04-0008	96.51%	C	
13	20-10-01-0033	97.29%	C	
14	20-10-03-0015	98.06%	C	
15	20-10-05-0001	98.70%	C	
16	20-10-05-0002	99.21%	C	
17	20-10-01-0001	99.56%	C	
18	20-10-12-0018	99.84%	C	
19	20-10-01-0011	99.93%	C	
20	20-10-05-0003	100.00%	C	
21	20-10-01-0006	100.00%	C	
22	20-10-01-0002	100.00%	C	
23	20-10-04-0003	100.00%	C	

Continuación **Tabla 16** Clasificación ABC de los productos de la línea eléctrica

N.	Código	% P. Acumulada	Clasificación
24	20-10-04-0006	100.00%	C
25	20-10-04-0016	100.00%	C
26	20-10-07-0004	100.00%	C
27	20-10-12-0024	100.00%	C
28	20-10-12-0025	100.00%	C
29	20-10-99-0070	100.00%	C

Elaborador por: El investigador

A continuación, en la tabla 17 se muestra un cuadro resumen en el que se aprecia el número de productos que pertenecen a cada zona.

Tabla 17 Resumen de zonas de los productos

Tabla Resumen						
Regla de Pareto - Análisis ABC						
Participación Esperada	Clasificación de n	Número de productos (n)	Participación (n)	Ventas	Participación ventas	P. ventas acumuladas
0% - 80%	A	5	17%	424946.98	74.72%	74.72%
81% - 95%	B	5	17%	110346.91	19.40%	94.12%
96% - 100%	C	19	66%	33443.30	5.88%	100.00%

Elaborador por: El investigador

Gráfica del Análisis ABC

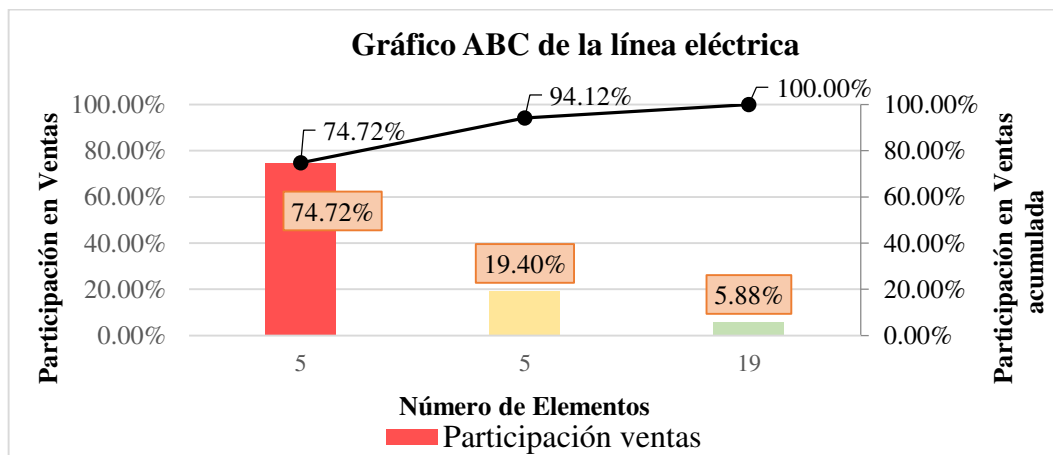



Fig. 15 Gráfico ABC de la línea eléctrica

Interpretación:

Una vez realizado el análisis del 100% de los productos vendidos en el periodo enero – junio 2019 de la línea eléctrica, se determina el porcentaje de participación o consumo de las zonas A, B, C respectivamente. El cual muestra un 74.72% para los elementos de mayor importancia, el 19.30% para artículos de menor importancia y el 5.88% para productos de poca importancia. Por lo tanto, el estudio se centrará en el producto con mayor demanda del mercado que es la Caja metálica bifásica 300*200*100 marco plástico EEASA como se detalla en la tabla 18.

Detalle del producto con mayor demanda

Tabla 18 Detalle producto estrella del periodo enero - junio 2019

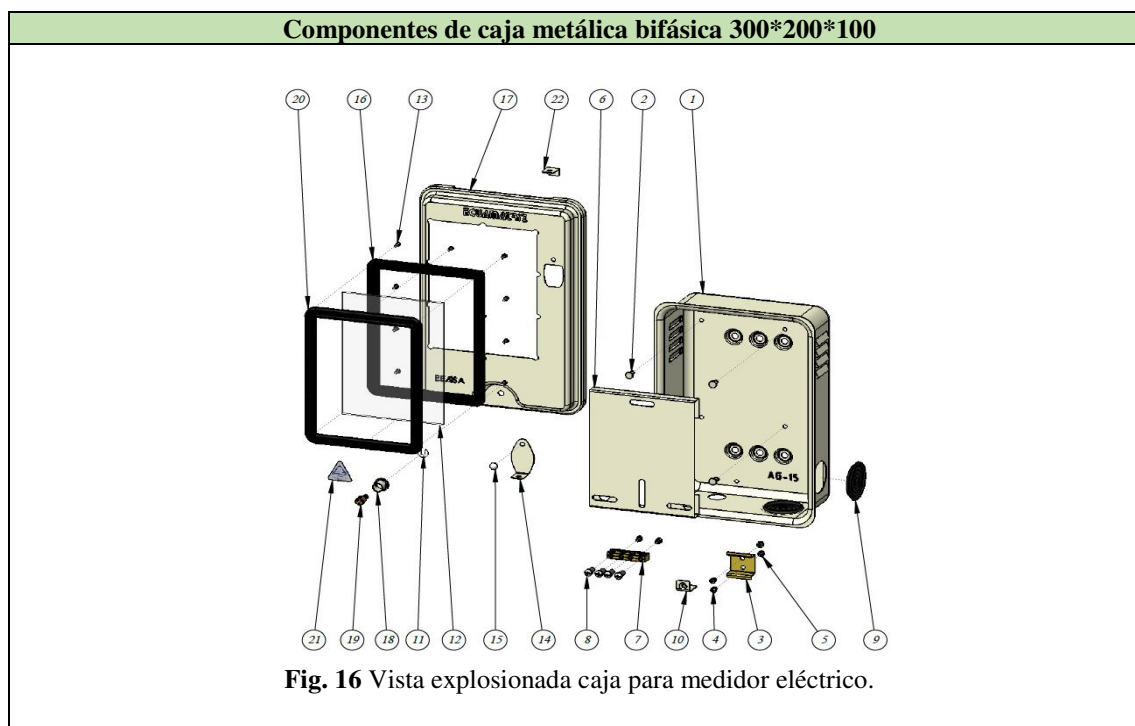
Caja Metálica Bifásica 300 x 200 x 100 marco plástico EEASA			
	Unidades Vendidas		13487
	Costo Unitario		\$ 11.79
	Valor Vendido		\$ 159,011.73
	% Participación		27.96 %
	% P. Acumulada		27.96 %
Código	20-10-03-0011	Clasificación	A

Elaborador por: El investigador

Especificaciones del producto selecto

La caja metálica bifásica es un compartimento de protección de condiciones ambientales para los equipos instalados en su interior como el medidor eléctrico, además evita la manipulación del personal que no esté autorizado ni capacitado. Es utilizada para uso residencial, comercial, industrial dependiendo las necesidades del cliente. Está constituida por diferentes componentes mostrados en la tabla 19.

Tabla 19 Detalle componentes caja metálica bifásica 300*200*100



N.	Denominación	Material	Cantidad
1	Base metálica PMB 300x200x80 mm	Acero L.f. 0,9 mm	1
2	Remache cabeza plana	Hierro	4
3	Riel DIN monofásico sin muescas	Acero L.f. 0,9mm	1
4	Tornillo M4x6 mm	Acero	4
5	Tuerca hexagonal M4	Acero	2
6	Rejilla metálica 165x130x15	Acero L.f. 0,9mm	1
7	Barra 14x9.5x47	Aluminio	1
8	Tornillo 1/4 x1/2" cabeza combinada	Acero	4
9	Tapón Ø44 mm	Polietileno BD	3
10	Ángulo de seguridad.	Acero L.f. 0.9 mm	1
11	Vincha de seguridad en policarbonato	Policarbonato	1
12	Vidrio 172x125x4 mm	Vidrio templado 4mm	1
13	Tornillo autoroscante N4x3-8"	Acero	10
14	Compuerta metálica monofásica	Acero L.f. 0,9mm	1
15	Remache 3-16" x 1-4"	Aluminio	1
16	Marco plástico hembra 192x145 RD	Polietileno AD	1
17	Tapa metálica PM 300x200x20 EEASA	Acero L.f. 0.9 mm	1
18	Tubo de seguridad Ø1-2"x1mm	Acero L.f. 0.9 mm	1
19	Perno de seguridad matrizado c-a	Bronce	1
20	Marco plástico macho 192x145 RD	Polietileno AD	1
21	Sello Ambato	Plástico	1
22	Ángulo de compuerta	Acero L.f. 0,9mm	1

Elaborador por: El departamento de producción





Procesos productivos del área de conformado

Ecuamatrix Cía. Ltda. cuenta con el área de conformado en donde se da la forma a los productos mediante la utilización de troqueladoras, prensas las cuales son sometidas constantemente a cambios de matrices para poder procesar los productos requeridos de acuerdo a la demanda de los clientes. El tiempo que se requiere para realizar este tipo de cambio en las matrices y maquinaria son grandes por ello se muestra la necesidad de reducirlos, con el afán de evitar el incremento de improductividades de la planta, además de reducir el número de horas utilizadas en cambios de matrices y de esta manera mejorar los tamaños de lote de producción y aumentar los índices de producción en el área de conformado. Por lo que se plantea la aplicación de la herramienta operativa SMED dentro de Lean Manufacturing que busca reducir el tiempo de cambio de referencia en máquinas de entornos productivos aumentando la flexibilidad y capacidad de los mismos.













Descripción

El objetivo principal del área consiste en dar forma a las láminas metálicas mediante la utilización de la maquinaria y matrices que ayudan a obtener la forma necesaria para la elaboración del producto final. El resultado de las cajas metálicas bifásicas se obtiene a través de los siguientes procesos detallados en la tabla 20:

Tabla 20 Descripción procesos de conformado de caja metálica 300*200*100

Embutido		Corte de exceso	
	Consiste en dar forma al metal ejerciendo una fuerza hacia la cavidad con ayuda de un punzón.		Proceso que separa el material sobrante de las tapas o bases con la forma del punzón.
Perforado general		Perforado lateral y frontal	
	Se basa en generar orificios en la base de la caja acompañados de contra embutidos.		Proceso que realiza cortes de círculos para los tapones plásticos de Ø44 mm.

Continuación **Tabla 20** Descripción procesos de conformado de caja metálica 300*200*100

Estampado trazabilidad		Aireadores	
	Consiste en marcar la fecha en la cual se está elaborando el producto.		Se trata de ranuras en la base que permitan ingreso de aire del exterior.
Conformado Ángulo de Seguridad		Conformado Riel Monofásico	
	Se base en el corte, perforado y doblado del pedazo del metal.		Proceso en el cual se realiza un perforado de forma y se perfora.
Conformado Rejilla		Rebordeado	
	Proceso en el que se genera un perforado general y dobles en la lámina.		Se trata de un encorvado o doblado a lo largo del borde de la tapa el cual permite la unión con la base.
Perforado de ventana y compuerta		Estampado de logos	
	Permite la visibilidad interna de la caja, además se tiene un contacto directo con la caja sin abrirla.		Consiste en marcar el nombre de la empresa y del cliente en la tapa en un lugar visible.
Perforado tubo de seguridad		Conformado tubo de seguridad	
	Se trata de realizar un agujero que permita la colocación del tubo de seguridad.		Proceso en el que se dobla los bordes y se perfora de acuerdo a especificaciones.
Conformado compuerta		Conformado ángulo de compuerta	
	Se trata del troquelado de forma y doblado del elemento.		Consiste en el doblado y perforado del metal.

Elaborador por: El investigador

Listado de la maquinaria de los procesos de conformado

La empresa cuenta con todo tipo de maquinaria de acuerdo a la labor que se realiza en el área, en el caso de la sección de conformado se caracteriza por poseer maquinaria como prensas hidráulicas y troqueladoras de diversas marcas que trabajan con varias fuerzas dependiendo del proceso a ejecutarse. En la tabla 21 se muestra un listado de las mismas.

Tabla 21 Detalle maquinaria área conformado

N.	Descripción	Código	Marca	Fuerza
1	Prensa Hidráulica	3PH250	GALDABINI	250 Ton.
2		3PH250-02	HACO	250 Ton.
3		3PH150	RODGER	150 Ton.
4		3PH100	HYDDEES	100 Ton.
5		3PH80	CHING CHOW	80 TM.
6		3PH00	PERFORAD	-
7	Prensa Troqueladora	3PT255	MINSTER	255 Ton.
8		3PT150	BLISS	150 Ton.
9		3PT150-01	WARCO	150 TM.
10		3PT140	TOLEDO	140 TM.
11		TR-130	EX ONAK	130 Ton.
12		3PT100	EXC FED	100 Ton.
13		3PT80	ONAK	80 Ton.
14		3PT60-01	RUSA	60 Ton.
15		3PT55	GUISEPE	55 Ton.
16		3PT40-01	LECCO	40 Ton.
17		3PT35	GALLI	35 Ton.
18		3PT35-01	GALLI	35 Ton.
19		3PT28	OMETT	28 Ton.
20		3PT25	MANCO	25 Ton.
21		3PT12	RICCETTI	12 Ton.
22	Escopleadora	3EW00	WALES	-
23	Corte de plasma	3PL100	HYPERTHERM	-

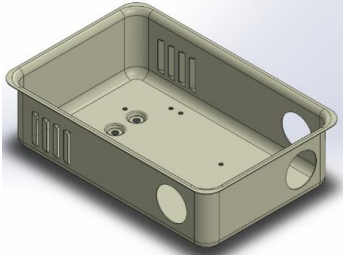
Elaborador por: El investigador

Operaciones en el proceso de fabricación del producto de mayor demanda

Las cajas metálicas constan de diferentes elementos las cuales se procesan en el área de conformado y requieren el uso de matrices para poder obtener la forma requerida para el producto, a continuación, en las tablas 22 a la 25 se detalla la maquinaria utilizada para la fabricación de los diferentes procesos encontrando en los reportes de producción:

Base Metálica:

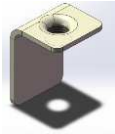
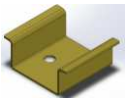
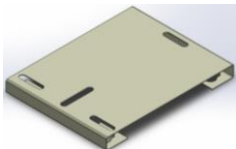
Tabla 22 Procesos de conformado de base metálica 300*200*80

Nº	Imagen	Proceso	Máquina
Base Metálica			Cód. BM
1		Embutido	3PH100
2		Corte de Exceso	3PT150
3		Perforado general (contra embutido)	3PT100
4		Perforado lateral y frontal	3PT80
5		Estampado de trazabilidad	3PT55
6		Troquelado aireadores	3PT80

Elaborador por: El investigador

Componentes de la Base:


Tabla 23 Procesos de conformado de componentes base metálica 300*200*80

Nº	Imagen	Proceso	Máquina
Ángulo de Seguridad			Cód. AS
7		Cortado, perforado y doblado	TR-130
Riel Monofásico			Cód. RM
8		Doblado de forma	3PT40-01
9		Perforado	3PT35
Rejilla Metálica			Cód. RJ
10		Perforado general	3PT40-01
11		Doblez	3PT35

Elaborador por: El investigador

Tapa Metálica:




Tabla 24 Procesos de conformado de la tapa metálica 300*200*20

Nº	Imagen	Proceso	Máquina
Tapa metálica			Cód. TM
14		Embutido	3PH100
15		Corte de exceso	3PT150
16		Rebordeado	TR-130
17		Perforado de ventana y compuerta	3PT100
18		Estampado de logo EM	3PT40-01
19		Estampado logo cliente	3PT100
20		Perforado tubo de seguridad	3PT25

Elaborador por: El investigador

Componentes de la Tapa:

Tabla 25 Procesos de conformado de los componentes tapa metálica 300*200*20

N.	Imagen	Proceso	Máquina
Compuerta Metálica			Cód. CM
12		Troquelado de forma	3PT35
13		Doblado	3PT40-01
Tubo de Seguridad			Cód. TS
21		Doblado	3PT35
22		Perforado	3PT25
Ángulo de Compuerta			Cód. AC
23		Troquelado de forma	3PT55
24		Doblado	3PT25

Elaborador por: El investigador

Se requiere establecer la tabla resumen de las máquinas utilizadas durante los procesos fabricación de la caja metálica 300*200*100 EESA para conocimiento del investigador y consideración en el estudio de tiempo de cambio de matriz realizado, la cual se observa seguidamente en la tabla 26.

Tabla 26 Resumen de maquinaria utilizada para fabricación de caja metálica

N.	Máquina	Procesos en los que se utiliza	
1	3PH100	BM: Embutido	TM: Embutido
2	3PT150	BM: Corte de exceso	TM: Corte de exceso
3	TR-130	AS: Corte., perforado y doblado	TM: Rebordeado
4	3PT100	TM: Perforado de ventana y compuerta	BM: Perforado General
5	3PT80	BM: Perforado lateral y frontal	BM: Troquelado Aireadores
6	3PT55	BM: Estampado de trazabilidad	AC: Troquelado de Forma
7	3PT40-01	RM: Doblado de forma	TM: Estampado de logo EM
		RJ: Perforado General	CM: Doblado
8	3PT35	CM: Troquelado forma	RM: Perforado
		TS: Doblado	RJ: Doblez
9	3PT25	TM: Perf. tubo de seguridad	AC: Doblado
		TS: Perforado	TM: Estampado logo cliente

Elaborador por: El investigador

Estudio de Métodos del Trabajo

Una vez establecido los procesos del área de conformado junto con la maquinaria utilizada con respecto al producto estrella obtenido, se registra y se emplea un estudio de la situación actual de los tiempos de preparación de maquinaria para lo cual se utiliza la herramienta del cursograma analítico.

Cursograma analítico

Se aborda los procesos de una forma más detallada, ya que se incluye las actividades fundamentales para su utilización, como: operaciones, inspecciones, transportes, demoras y almacenamientos. Se caracteriza por presentar de forma adicional el tiempo necesario de cada actividad y la distancia recorrida en metros. A continuación, se detalla en las tablas 27 a la 35 el proceso de cambio de matriz para las diferentes maquinarias utilizadas en el conformado de los elementos de la caja metálica bifásica 300*200*100. Cabe destacar que los procesos de conformado comparten maquinaria debido a que las matrices poseen características de dimensiones iguales y por ende no se afecta el tiempo de Set Up.

Aplicable para los procesos de conformado:

BM: Embutido	TM: Embutido
--------------	--------------

Tabla 27 Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PH100

CURSOGRAMA ANALÍTICO 1				Operario/ Material/ Equipo						
				Método: Actual / Propuesto						
Diagrama No. 1	Hoja:1 de 1	Resumen								
Operación: Cambio de Matriz		Actividad		Actual	Propuesto					
Máquina: 3PH100		Operación	○	17						
Área: Conformado		Inspección	□	2						
Cronometraje: Vuelta cero		Espera	D	1						
		Trasporte	⇒	7						
		Almacenamiento	▽	1						
Elab. por: Ana Domínguez	Rev. por: Ing. Daysi Ortiz Mg.	Distancia (m): 90.35								
Fecha: 25/11/2019	Fecha: 06/12/2019	Tiempo (min):121.06								
Nº	Descripción de Elementos	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo (ASME)					Observaciones	
				○	□	D	⇒	▽		
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	-	1.42		●					Realizado por un operador
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	4.79	1.28					●		Realizado por un operador
3	Recoger herramientas necesarias	-	2.50	●						Realizado por un operador
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	4.79	2.16					●		Realizado por un operador
B. Desmontaje										
5	Aflojar bridas de sujeción de mesas	-	17.41	●						Realizado por un operador
6	Retirar alzas	-	6.74	●						Realizado por un operador
7	Guardar piezas en coche de herramientas	-	2.42	●						Realizado por un operador
8	Solicitar el montacargas	-	2.10	●						Realizado por un operador
9	Espera del montacargas	-	2.83				●			Realizado por un operador
10	Traslado hacia el montacargas	18.69	1.49					●		Realizado por un operador
11	Escoger el montacargas	-	0.52	●						Realizado por un operador
12	Dirigirse a la máquina	18.69	2.52					●		Realizado por un operador
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	-	4.70	●						Realizado por un operador
14	Traslado al estante de matrices	12.35	1.78					●		Realizado por un operador
15	Almacenar la matriz vieja	-	7.65						●	Realizado por un operador
C. Montaje										
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	-	1.30	●						Realizado por un operador
17	Cargar la matriz a usar	-	5.28	●						Realizado por un operador
18	Traslado a la máquina	12.35	1.23					●		Realizado por un operador
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	-	4.02	●						Realizado por un operador
20	Devolver montacargas a su puesto	18.69	3.12					●		Realizado por un operador
21	Selección de herramientas del coche	-	2.75	●						Realizado por un operador
22	Limpieza de matriz	-	2.50	●						Realizado por un operador
23	Colocación de alzas en mesa superior e inferior	-	4.73	●						Realizado por un operador
24	Ajuste bridas de sujeción en mesas	-	25.45	●						Realizado por un operador
D. Calibración										
25	Encendido de maquinaria	-	0.52	●						Realizado por un operador
26	Calibración del golpe	-	4.27	●						Realizado por un operador
27	Guardar herramientas en el coche	-	3.32	●						Realizado por un operador
28	Inspección y aprobación del líder de área	-	5.65					●		Realizado por el líder

Aplicable para los procesos de conformado:

BM: Corte de exceso	TM: Corte de exceso
---------------------	---------------------

Tabla 28 Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT150

CURSOGRAMA ANALÍTICO 2				Operario/ Material/ Equipo						
				Método: Actual / Propuesto						
Diagrama No. 2		Hoja:1 de 1		Resumen						
Operación: Cambio de Matriz				Actividad	Actual	Propuesto				
Máquina: 3PT150		Operación		○	17					
Área: Conformado		Inspección		□	2					
Cronometraje: Vuelta cero		Espera		◇	1					
Elab. por: Ana Domínguez		Rev. por: Ing. Daysi Ortiz Mg.		⇨	7					
Fecha: 25/11/2019		Fecha: 06/12/2019		▽	1					
		Distancia (m): 65.81								
		Tiempo (min): 95.66								
N°	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo (ASME)					Observaciones	
				○	□	◇	⇨	▽		
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	-	1.10		●					Realizado por un operador
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	2.41	1.14					●		Realizado por un operador
3	Revisar las herramientas que contiene	-	2.15	●						Realizado por un operador
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	2.41	1.26					●		Realizado por un operador
B. Desmontaje										
5	Aflojar bridas de sujeción de mesas	-	10.41	●						Realizado por un operador
6	Retirar alzas	-	4.53	●						Realizado por un operador
7	Guardar piezas en coche de herramientas	-	2.13	●						Realizado por un operador
8	Solicitar el montacargas	-	1.91	●						Realizado por un operador
9	Espera del montacargas	-	2.63					●		Realizado por un operador
10	Traslado hacia el montacargas	15.79	1.75					●		Realizado por un operador
11	Escoger el montacargas	-	0.42	●						Realizado por un operador
12	Dirigirse a la máquina	15.79	2.10					●		Realizado por un operador
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	-	3.25	●						Realizado por un operador
14	Traslado al estante	6.81	1.11					●		Realizado por un operador
15	Almacenar la matriz vieja	-	4.41						●	Realizado por un operador
C. Montaje										
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	-	1.17	●						Realizado por un operador
17	Cargar la matriz a usar	-	4.81	●						Realizado por un operador
18	Traslado a la máquina	6.81	0.84					●		Realizado por un operador
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	-	2.02	●						Realizado por un operador
20	Devolver montacargas a su puesto	15.79	3.24					●		Realizado por un operador
21	Selección de herramientas del coche	-	2.75	●						Realizado por un operador
22	Limpieza de matriz	-	2.04	●						Realizado por un operador
23	Colocación de alzas en mesa superior e inferior	-	3.34	●						Realizado por un operador
24	Ajuste bridas de sujeción en mesas	-	24.45	●						Realizado por un operador
D. Calibración										
25	Encendido de maquinaria	-	0.41	●						Realizado por un operador
26	Calibración del golpe	-	3.23	●						Realizado por un operador
27	Guardar herramientas en el coche	-	2.54	●						Realizado por un operador
28	Inspección y aprobación del líder de área	-	4.52		●					Realizado por el líder

Aplicable para los procesos de conformado:

AS: Corte., perforado. y doblado. TM: Rebordeado

Tabla 29 Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina TR-130

CURSOGRAMA ANALÍTICO 3				Operario/ Material/ Equipo					
				Método: Actual / Propuesto					
Diagrama No. 3		Hoja:1 de 1		Resumen					
Operación: Cambio de Matriz				Actividad	Actual	Propuesto			
Máquina: TR-130				Operación ○	17				
Área: Conformado				Inspección □	2				
Cronometraje: Vuelta cero				Espera D	1				
Elab. por: Ana Domínguez				Trasporte ⇨	7				
Rev. por: Ing. Daysi Ortiz Mg.				Almacenamiento ▽	1				
Fecha: 25/11/2019				Distancia (m): 70.90					
Fecha: 06/12/2019				Tiempo (min): 77.42					
Nº	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo (ASME)					Observaciones
				○	□	D	⇨	▽	
A. Preparación Previa									
1	Disponibilidad de la máquina	-	1.04	●					Realizado por un operador
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	4.84	1.35				●		Realizado por un operador
3	Revisar las herramientas que contiene	-	2.24	●					Realizado por un operador
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	4.84	1.08				●		Realizado por un operador
B. Desmontaje									
5	Aflojar bridas de sujeción de mesas	-	11.37	●					Realizado por un operador
6	Retirar alzas	-	2.76	●					Realizado por un operador
7	Guardar piezas en coche de herramientas	-	1.07	●					Realizado por un operador
8	Solicitar el montacargas	-	1.86	●					Realizado por un operador
9	Espera del montacargas	-	2.42				●		Realizado por un operador
10	Traslado hacia el montacargas	10.94	1.85				●		Realizado por un operador
11	Escoger el montacargas	-	0.63	●					Realizado por un operador
12	Dirigirse a la máquina	10.94	2.52				●		Realizado por un operador
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	-	3.11	●					Realizado por un operador
14	Traslado al estante	14.20	1.69				●		Realizado por un operador
15	Almacenar la matriz vieja	-	3.56					●	Realizado por un operador
C. Montaje									
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	-	1.37	●					Realizado por un operador
17	Cargar la matriz a usar	-	2.58	●					Realizado por un operador
18	Traslado a la máquina	14.20	1.83				●		Realizado por un operador
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	-	2.02	●					Realizado por un operador
20	Devolver montacargas a su puesto	10.94	2.87				●		Realizado por un operador
21	Selección de herramientas del coche	-	2.15	●					Realizado por un operador
22	Limpieza de matriz	-	2.55	●					Realizado por un operador
23	Colocación de alzas en mesa superior e inferior	-	3.23	●					Realizado por un operador
24	Ajuste bridas de sujeción en mesas	-	13.45	●					Realizado por un operador
D. Calibración									
25	Encendido de maquinaria	-	0.87	●					Realizado por un operador
26	Calibración del golpe	-	2.64	●					Realizado por un operador
27	Guardar herramientas en el coche	-	1.72	●					Realizado por un operador
28	Inspección y aprobación del líder de área	-	1.59				●		Realizado por el líder

Aplicable para los procesos de conformado:

TM: Perforado, ventana y compuerta BM: Perforado General

Tabla 30 Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT100

CURSOGRAMA ANALÍTICO 4				Operario/ Material/ Equipo						
				Método: Actual / Propuesto						
Diagrama No. 4		Hoja:1 de 1		Resumen						
Operación: Cambio de Matriz				Actividad	Actual	Propuesto				
Máquina: 3PT100				Operación ○	20					
Área: Conformado				Inspección □	2					
Cronometraje: Vuelta cero				Espera ▢	1					
Elab. por: Ana Domínguez				Trasporte ⇨	7					
Rev. por: Ing. Daysi Ortiz Mg.				Almacenamiento ▽	1					
Fecha: 25/11/2019				Distancia (m): 57.48						
Fecha: 06/12/2019				Tiempo (min): 61.76						
Nº	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo (ASME)					Observaciones	
				○	□	▢	⇨	▽		
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	-	0.74		●					Realizado por un operador
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	10.54	1.27					●		Realizado por un operador
3	Revisar las herramientas que contiene	-	2.62	●						Realizado por un operador
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	10.54	1.79					●		Realizado por un operador
B. Desmontaje										
5	Aflorar bridas de sujeción de mesa inferior	-	5.17	●						Realizado por un operador
6	Desajustar tuercas de tambor	-	3.48	●						Realizado por un operador
7	Retirar alzas y tuercas	-	0.84	●						Realizado por un operador
8	Guardar piezas en coche de herramientas	-	1.15	●						Realizado por un operador
9	Solicitar el montacargas	-	1.85	●						Realizado por un operador
10	Espera del montacargas	-	2.10			●				Realizado por un operador
11	Traslado hacia el montacargas	6.42	1.52					●		Realizado por un operador
12	Escoger el montacargas	-	0.86	●						Realizado por un operador
13	Dirigirse a la máquina	6.42	1.42					●		Realizado por un operador
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	-	2.47	●						Realizado por un operador
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	8.57	2.14					●		Realizado por un operador
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	-	1.46					●		Realizado por un operador
C. Montaje										
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	-	0.82	●						Realizado por un operador
18	Cargar la matriz a usar	-	2.74	●						Realizado por un operador
19	Traslado a la máquina	8.57	2.11					●		Realizado por un operador
20	Seleccionar las bases adecuadas	-	0.92	●						Realizado por un operador
21	Posicionar las bases en la máquina	-	0.53	●						Realizado por un operador
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	-	2.41	●						Realizado por un operador
23	Devolver montacargas a su puesto	6.42	2.15					●		Realizado por un operador
24	Selección de herramientas del coche	-	2.89	●						Realizado por un operador
25	Limpieza de matriz	-	0.63	●						Realizado por un operador
26	Colocación de alzas	-	2.31	●						Realizado por un operador
27	Ajuste bridas de sujeción	-	5.83	●						Realizado por un operador
D. Calibración										
28	Encendido de maquinaria	-	0.52	●						Realizado por un operador
29	Calibración del golpe	-	3.21	●						Realizado por el líder
30	Guardar herramientas en el coche	-	1.63	●						Realizado por un operador
31	Inspección y aprobación del líder de área	-	2.18					●		Realizado por el líder

Aplicable para los procesos de conformado:

BM: Perf. lateral y frontal	BM: Troquelado Aireadores
-----------------------------	---------------------------

Tabla 31 Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT80

CURSOGRAMA ANALÍTICO 5				Operario/ Material/ Equipo						
				Método: Actual / Propuesto						
Diagrama No. 5	Hoja:1 de 1		Resumen							
Operación: Cambio de Matriz			Actividad	Actual	Propuesto					
Máquina: 3PT80			Operación ○	20						
Área: Conformado			Inspección □	2						
Cronometraje: Vuelta cero			Espera ▢	1						
				Trasporte ⇨	7					
				Almacenamiento ▽	1					
Elab. por: Ana Domínguez	Rev. por: Ing. Daysi Ortiz Mg.		Distancia (m): 76.28							
Fecha: 25/11/2019	Fecha: 06/12/2019		Tiempo (min): 51.06							
Nº	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo (ASME)					Observaciones	
				○	□	▢	⇨	▽		
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	-	0.71		●					Realizado por un operador
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	13.44	1.53					●		Realizado por un operador
3	Revisar las herramientas que contiene	-	2.06	●						Realizado por un operador
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	13.44	1.73					●		Realizado por un operador
B. Desmontaje										
5	Aflorar bridas de sujeción de mesa inferior	-	4.68	●						Realizado por un operador
6	Desajustar tuercas de tambor	-	2.34	●						Realizado por un operador
7	Retirar alzas y tuercas	-	0.94	●						Realizado por un operador
8	Guardar piezas en coche de herramientas	-	1.37	●						Realizado por un operador
9	Solicitar el montacargas	-	1.68	●						Realizado por un operador
10	Espera del montacargas	-	1.33			●				Realizado por un operador
11	Traslado hacia el montacargas	12.68	1.04					●		Realizado por un operador
12	Escoger el montacargas	-	0.54	●						Realizado por un operador
13	Dirigirse a la máquina	12.68	1.16					●		Realizado por un operador
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	-	2.16	●						Realizado por un operador
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	5.68	1.14					●		Realizado por un operador
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	-	1.84					●		Realizado por un operador
C. Montaje										
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	-	0.76	●						Realizado por un operador
18	Cargar la matriz a usar	-	2.08	●						Realizado por un operador
19	Traslado a la máquina	5.68	1.38					●		Realizado por un operador
20	Seleccionar las bases adecuadas	-	0.82	●						Realizado por un operador
21	Posicionar las bases en la máquina	-	0.69	●						Realizado por un operador
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	-	1.35	●						Realizado por un operador
23	Devolver montacargas a su puesto	12.68	1.57					●		Realizado por un operador
24	Selección de herramientas del coche	-	2.35	●						Realizado por un operador
25	Limpieza de matriz	-	0.78	●						Realizado por un operador
26	Colocación de alzas	-	1.64	●						Realizado por un operador
27	Ajuste bridas de sujeción	-	4.51	●						Realizado por un operador
D. Calibración										
28	Encendido de maquinaria	-	0.73	●						Realizado por un operador
29	Calibración del golpe	-	2.34	●						Realizado por el líder
30	Guardar herramientas en el coche	-	1.49	●						Realizado por un operador
31	Inspección y aprobación del líder de área	-	2.32		●					Realizado por el líder

Aplicable para los procesos de conformado:

BM: Estampado. de trazabilidad AC: Troquelado de Forma

Tabla 32 Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT55

CURSOGRAMA ANALÍTICO 6				Operario/ Material/ Equipo						
				Método: Actual / Propuesto						
Diagrama No. 6	Hoja:1 de 1		Resumen							
Operación: Cambio de Matriz			Actividad	Actual	Propuesto					
Máquina: 3PT55			Operación ○	20						
Área: Conformado			Inspección □	2						
Cronometraje: Vuelta cero			Espera ▢	1						
				Trasporte ⇨	7					
				Almacenamiento ▽	1					
Elab. por: Ana Domínguez		Rev. por: Ing. Daysi Ortiz Mg.		Distancia (m): 78.99						
Fecha: 25/11/2019		Fecha: 06/12/2019		Tiempo (min): 43.85						
Nº	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo (ASME)					Observaciones	
				○	□	▢	⇨	▽		
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	-	0.53		●					Realizado por un operador
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	11.60	1.21					●		Realizado por un operador
3	Revisar las herramientas que contiene	-	2.01	●						Realizado por un operador
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	11.60	1.38					●		Realizado por un operador
B. Desmontaje										
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	-	4.24	●						Realizado por un operador
6	Desajustar tuercas de tambor	-	2.74	●						Realizado por un operador
7	Retirar alzas y tuercas	-	0.61	●						Realizado por un operador
8	Guardar piezas en coche de herramientas	-	0.74	●						Realizado por un operador
9	Solicitar el montacargas	-	1.06	●						Realizado por un operador
10	Espera del montacargas	-	1.16				●			Realizado por un operador
11	Traslado hacia el montacargas	13.13	1.21					●		Realizado por un operador
12	Escoger el montacargas	-	0.46	●						Realizado por un operador
13	Dirigirse a la máquina	13.13	1.28					●		Realizado por un operador
14	Colocar matriz en el montacargas	-	2.03	●						Realizado por un operador
15	Traslado matriz al estante	8.20	1.36					●		Realizado por un operador
16	Almacenar la matriz vieja	-	1.25					●		Realizado por un operador
C. Montaje										
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	-	0.46	●						Realizado por un operador
18	Cargar la matriz a usar	-	2.34	●						Realizado por un operador
19	Traslado a la máquina	8.20	1.22					●		Realizado por un operador
20	Seleccionar las bases adecuadas	-	0.56	●						Realizado por un operador
21	Posicionar las bases en la máquina	-	0.46	●						Realizado por un operador
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	-	1.23	●						Realizado por un operador
23	Devolver montacargas a su puesto	13.13	1.29					●		Realizado por un operador
24	Selección de herramientas del coche	-	2.07	●						Realizado por un operador
25	Limpieza de matriz	-	0.42	●						Realizado por un operador
26	Colocación de alzas	-	1.03	●						Realizado por un operador
27	Ajuste bridas de sujeción	-	4.46	●						Realizado por un operador
D. Calibración										
28	Encendido de maquinaria	-	0.51	●						Realizado por un operador
29	Calibración del golpe	-	1.43	●						Realizado por el líder
30	Guardar herramientas en el coche	-	1.06	●						Realizado por un operador
31	Inspección y aprobación del líder de área	-	2.04					●		Realizado por el líder

Aplicable para los procesos de conformado:

RM: Doblado de forma	TM: Estampado de logo EM	RJ: Perforado General	CM: Doblado
----------------------	--------------------------	-----------------------	-------------

Tabla 33 Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT40-01

CURSOGRAMA ANALÍTICO 7				Operario/ Material/ Equipo						
				Método: Actual / Propuesto						
Diagrama No. 7		Hoja: 1 de 1		Resumen						
Operación: Cambio de Matriz				Actividad	Actual	Propuesto				
Máquina: 3PT40-01				Operación ○	19					
Área: Conformado				Inspección □	2					
Cronometraje: Vuelta cero				Espera ◻	0					
				Trasporte ⇨	7					
				Almacenamiento ▽	1					
Elab. por: Ana Domínguez		Rev. por: Ing. Daysi Ortiz Mg.		Distancia (m): 57.17						
Fecha: 25/11/2019		Fecha: 06/12/2019		Tiempo (min): 33.77						
Nº	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo (ASME)					Observaciones	
				○	□	◻	⇨	▽		
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	-	0.32		●					Realizado por un operador
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	12.92	1.31					●		Realizado por un operador
3	Revisar las herramientas que contiene	-	2.23	●						Realizado por un operador
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	12.92	1.36					●		Realizado por un operador
B. Desmontaje										
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	-	2.17	●						Realizado por un operador
6	Desajustar tuercas de tambor	-	2.04	●						Realizado por un operador
7	Retirar alzas y tuercas	-	0.82	●						Realizado por un operador
8	Guardar piezas en coche de herramientas	-	0.52	●						Realizado por un operador
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	7.25	1.12					●		Realizado por un operador
10	Escoger el coche de carga disponible.	-	0.95	●						Realizado por un operador
11	Ir a la máquina	7.25	0.97					●		Realizado por un operador
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	-	0.52	●						Realizado por un operador
13	Traslado de la matriz al estante	4.79	1.13					●		Realizado por un operador
14	Almacenar la matriz vieja	-	1.54						●	Realizado por un operador
C. Montaje										
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	-	0.47	●						Realizado por un operador
16	Cargar la matriz a usar	-	1.43	●						Realizado por un operador
17	Traslado a la máquina	4.79	1.26					●		Realizado por un operador
18	Seleccionar las bases adecuadas	-	0.31	●						Realizado por un operador
19	Posicionar las bases en la máquina	-	0.42	●						Realizado por un operador
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	-	1.58	●						Realizado por un operador
21	Devolver coche de carga a su puesto	7.25	1.37					●		Realizado por un operador
22	Selección de herramientas del coche	-	1.77	●						Realizado por un operador
23	Limpieza de matriz	-	0.26	●						Realizado por un operador
24	Colocación de alzas	-	1.04	●						Realizado por un operador
25	Ajuste bridas de sujeción	-	2.21	●						Realizado por un operador
D. Calibración										
26	Encendido de maquinaria	-	0.34	●						Realizado por un operador
27	Calibración del golpe	-	1.21	●						Realizado por un operador
28	Guardar herramientas en el coche	-	1.03	●						Realizado por un operador
29	Inspección y aprobación del líder de área	-	2.07					●		Realizado por el líder

Aplicable para los procesos de conformado:

CM: Troquelado forma	RM: Perforado	TS: Doblado	RJ: Doble
----------------------	---------------	-------------	-----------

Tabla 34 Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT35

CURSOGRAMA ANALÍTICO 8				Operario/ Material/ Equipo						
				Método: Actual / Propuesto						
Diagrama No. 8		Hoja: 1 de 1		Resumen						
Operación: Cambio de Matriz				Actividad	Actual	Propuesto				
Máquina: 3PT35		Operación		○	19					
Área: Conformado		Inspección		□	2					
Cronometraje: Vuelta cero		Espera		◇	0					
Elab. por: Ana Domínguez		Rev. por: Ing. Daysi Ortiz Mg.		Trasporte		⇒	7			
Fecha: 25/11/2019		Fecha: 06/12/2019		Almacenamiento		▽	1			
		Distancia (m): 57.66		Tiempo (min): 30.95						
Nº	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo (ASME)					Observaciones	
				○	□	◇	⇒	▽		
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	-	0.29	●						Realizado por un operador
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	7.71	1.14					●		Realizado por un operador
3	Revisar las herramientas que contiene	-	1.67	●						Realizado por un operador
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	7.71	1.24					●		Realizado por un operador
B. Desmontaje										
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	-	2.07	●						Realizado por un operador
6	Desajustar tuercas de tambor	-	1.92	●						Realizado por un operador
7	Retirar alzas y tuercas	-	0.64	●						Realizado por un operador
8	Guardar piezas en coche de herramientas	-	0.42	●						Realizado por un operador
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	9.16	1.08					●		Realizado por un operador
10	Escoger el coche de carga disponible.	-	1.03	●						Realizado por un operador
11	Ir a la máquina	9.16	0.87					●		Realizado por un operador
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	-	0.68	●						Realizado por un operador
13	Traslado de la matriz al estante	7.38	1.03					●		Realizado por un operador
14	Almacenar la matriz vieja	-	1.17	●					●	Realizado por un operador
C. Montaje										
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	-	0.69	●						Realizado por un operador
16	Cargar la matriz a usar	-	1.46	●						Realizado por un operador
17	Traslado a la máquina	7.38	1.21					●		Realizado por un operador
18	Seleccionar las bases adecuadas	-	0.49	●						Realizado por un operador
19	Posicionar las bases en la máquina	-	0.42	●						Realizado por un operador
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	-	1.46	●						Realizado por un operador
21	Devolver coche de carga a su puesto	9.16	1.23					●		Realizado por un operador
22	Selección de herramientas del coche	-	1.14	●						Realizado por un operador
23	Limpieza de matriz	-	0.38	●						Realizado por un operador
24	Colocación de alzas	-	0.87	●						Realizado por un operador
25	Ajuste bridas de sujeción	-	2.15	●						Realizado por un operador
D. Calibración										
26	Encendido de maquinaria	-	0.38	●						Realizado por un operador
27	Calibración del golpe	-	1.03	●						Realizado por un operador
28	Guardar herramientas en el coche	-	0.94	●						Realizado por un operador
29	Inspección y aprobación del líder de área	-	1.85					●		Realizado por el líder

Aplicable para los procesos de conformado:

TM: Perforado tubo de seguridad	AC: Doblado	TS: Perforado	TM: Estampado logo cliente
---------------------------------	-------------	---------------	----------------------------

Tabla 35 Cursograma analítico - cambio de matriz en máquina 3PT25

CURSOGRAMA ANALÍTICO 9				Operario/ Material/ Equipo						
				Método: Actual / Propuesto						
Diagrama No. 9		Hoja: 1 de 1		Resumen						
Operación: Cambio de Matriz				Actividad	Actual	Propuesto				
Máquina: 3PT25				Operación ○	19					
Área: Conformado				Inspección □	2					
Cronometraje: Vuelta cero				Espera D	0					
Elab. por: Ana Domínguez				Trasporte ⇨	7					
Rev. por: Ing. Daysi Ortiz Mg.				Almacenamiento ▼	1					
Fecha: 25/11/2019		Fecha: 06/12/2019		Distancia (m): 60.82						
				Tiempo (min): 29.39						
N°	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo (ASME)					Observaciones	
				○	□	D	⇨	▼		
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	-	0.26							Realizado por un operador
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	9.58	1.08							Realizado por un operador
3	Revisar las herramientas que contiene	-	2.03							Realizado por un operador
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	9.58	1.01							Realizado por un operador
B. Desmontaje										
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	-	1.54							Realizado por un operador
6	Desajustar tuercas de tambor	-	1.42							Realizado por un operador
7	Retirar alzas y tuercas	-	0.55							Realizado por un operador
8	Guardar piezas en coche de herramientas	-	0.67							Realizado por un operador
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	8.02	1.08							Realizado por un operador
10	Escoger el coche de carga disponible.	-	0.81							Realizado por un operador
11	Ir a la máquina	8.02	1.03							Realizado por un operador
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	-	0.64							Realizado por un operador
13	Traslado de la matriz al estante	8.80	1.02							Realizado por un operador
14	Almacenar la matriz vieja	-	1.16							Realizado por un operador
C. Montaje										
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	-	0.54							Realizado por un operador
16	Cargar la matriz a usar	-	1.14							Realizado por un operador
17	Traslado a la máquina	8.80	1.05							Realizado por un operador
18	Seleccionar las bases adecuadas	-	0.34							Realizado por un operador
19	Posicionar las bases en la máquina	-	0.49							Realizado por un operador
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	-	1.27							Realizado por un operador
21	Devolver coche de carga a su puesto	8.02	1.13							Realizado por un operador
22	Selección de herramientas del coche	-	1.28							Realizado por un operador
23	Limpieza de matriz	-	0.34							Realizado por un operador
24	Colocación de alzas	-	1.15							Realizado por un operador
25	Ajuste bridas de sujeción	-	1.86							Realizado por un operador
D. Calibración										
26	Encendido de maquinaria	-	0.35							Realizado por un operador
27	Calibración del golpe	-	1.09							Realizado por un operador
28	Guardar herramientas en el coche	-	1.12							Realizado por un operador
29	Inspección y aprobación del líder de área	-	1.94							Realizado por el líder

Estudio de tiempos de los procesos de preparación de maquinaria

La empresa no cuenta con tiempos estándar para las operaciones de cambio de matriz por lo tanto se requiere realizar un estudio de tiempos para conocer su situación actual. La técnica escogida para el estudio de tiempos es vuelta cero, la cual consiste en tomar los tiempos de manera directa de cada elemento, es decir, al acabar cada elemento se hace volver el reloj a cero, y se lo pone de nuevo en marcha inmediatamente para cronometrar el elemento siguiente.

Número de ciclos a cronometrar

Es importante determinar la cantidad de ciclos que se van a estudiar en los procesos de preparación de maquinaria ya que de acuerdo a la guía establecida por General Electric se plantea que según el tiempo en que se realice el proceso se debe considerar un cierto tipo de número de ciclos a cronometrar con el propósito que no se altere el tiempo observado por el investigador. Para este caso los tiempos de Set Up se encuentran en rangos de más de 20 min hasta 40 min y otros que sobrepasan los 40 min, por lo que el número de ciclo a cronometrar va hacer de 5 y 3 respectivamente como se muestra en la tabla 36.

Tabla 36 Número de ciclos a cronometrar para tiempos de Set Up

General Electric		
Parámetro	más de 20 hasta:	más de:
Minutos por ciclo	40	40
Número de ciclos recomendado	5	3

Valoración del ritmo de trabajo

Esta técnica está sujeta al criterio del investigador, se utiliza para poder ajustar los tiempos observados a los esperados por el desempeño normal. Durante la observación de todas las actividades y toma de tiempos para el cambio de matriz se consideró un valor del ritmo de trabajo del 100% ya que los trabajadores se mostraron en todo momento de acuerdo a la descripción de la valorización detallada en la tabla 37, es decir:

Tabla 37 Valoración del ritmo de trabajo

Escala 0-100 %	Descripción del desempeño
100	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.

Cálculo de Tiempo Normal

Para la obtención del valor del tiempo normal se considera a T como el tiempo observado y a Fd como el Factor de Desempeño como se detalló en la ecuación 1 anteriormente.

Suplementos

Una vez determinado el tiempo normal se debe agregar suplementos, ya que estos compensan las demoras, fatiga de los trabajadores en sus actividades, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante.

Máquina 3PH100

Se presenta la tabla 38 la descripción del tiempo observado junto con el factor de desempeño designado de acuerdo a la valoración del tipo de trabajo, dando como resultado el tiempo normal, la tabla 39 muestra el cálculo para el suplemento ya que para el estudio se debe compensar las demoras, fatiga de los trabajadores, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante. En los Anexos 2, 3, 4 se presenta dichos formatos para el correcto estudio de tiempos los cuales serán utilizados para todas las máquinas.

Tabla 38 Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PH100

Cálculo de Tiempo Normal (TN)								
Proceso: Cambio de matriz			Realizado por: Ana Domínguez			Cronometraje: Vuelta cero		
Máquina: 3PH100			Revisado por: Ing. Daysi Ortiz Mg.			Estudio N°: 1		
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A. Preparación Previa								
1	Disponibilidad de la máquina	1.42	1.41	1.22	4.05	1.35	1	1.35
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.28	1.24	1.33	3.85	1.28	1	1.28
3	Revisar las herramientas que contiene	2.50	2.36	2.85	7.71	2.57	1	2.57
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	2.16	1.98	2.26	6.4	2.13	1	2.13
B. Desmontaje								
5	Aflojar bridas de sujeción	17.41	20.74	21.87	60.02	20.01	1	20.01
6	Retirar alzas	6.74	6.84	5.15	18.73	6.24	1	6.24
7	Guardar piezas en coche de herramientas	2.42	2.15	2.75	7.32	2.44	1	2.44
8	Solicitar el montacargas	2.10	2.4	1.66	6.16	2.05	1	2.05
9	Espera del montacargas	2.83	3.14	2.52	8.49	2.83	1	2.83
10	Traslado hacia el montacargas	1.49	1.35	1.84	4.68	1.56	1	1.56
11	Escoger el montacargas	0.52	1.12	1.23	2.87	0.96	1	0.96
12	Dirigirse a la máquina	2.52	2.59	3.22	8.33	2.78	1	2.78
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	4.70	5.14	4.11	13.95	4.65	1	4.65
14	Traslado al Estante	1.78	2.52	2.61	6.91	2.30	1	2.30
15	Almacenar la matriz vieja	7.65	6.46	5.15	19.26	6.42	1	6.42
C. Montaje								
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.30	1.95	1.28	4.53	1.51	1	1.51
17	Cargar la matriz a usar	5.28	5.24	5.87	16.39	5.46	1	5.46
18	Traslado a la máquina	1.23	2.58	2.11	5.92	1.97	1	1.97
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	4.02	4.36	3.88	12.26	4.09	1	4.09
20	Devolver montacargas a su puesto	3.12	3.18	4.52	10.82	3.61	1	3.61
21	Selección de herramientas del coche	2.75	3.94	3.64	10.33	3.44	1	3.44
22	Limpieza de matriz	2.50	2.17	2.98	7.65	2.55	1	2.55
23	Colocación de alzas	4.73	5.63	4.48	14.84	4.95	1	4.95
24	Ajuste bridas de sujeción	25.45	27.14	23.18	75.77	25.26	1	25.26
D. Calibración								
25	Encendido de maquinaria	0.52	0.46	0.37	1.35	0.45	1	0.45
26	Calibración del golpe	4.27	5.14	4.54	13.95	4.65	1	4.65
27	Guardar herramientas en el coche	3.32	3.26	3.84	10.42	3.47	1	3.47
28	Inspección y aprobación del líder de área	5.65	4.50	5.14	15.29	5.10	1	5.10
							TN (min)	126.08
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal								

Tabla 39 Cálculo de suplementos para la máquina 3PH100

Cálculo de Suplementos (S)			N.	1
Área: Conformado	Género del operador: M	Realizado por: Ana Domínguez		
Proceso: Cambio de matriz	Máquina: 3PH100	Fecha: 06/11/2019		
Suplementos Constantes	Nombre		Valor	
	A.	Necesidades personales	5	
Suplementos Variables	B.	Fatiga	4	
	A.	Trabajo de Pie	2	
	B.	Postura anormal	0	
	C.	Fuerza	3	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Condición intensa	2	
G.	Ruido	2		

Continuación **Tabla 39** Cálculo de suplementos para la máquina 3PH100

		Nombre	Valor
H.	Tensión Mental		4
I.	Monotonía		1
J.	Tedio		0
Total :			23

Máquina 3PT150

Se presenta la tabla 40 la descripción del tiempo observado junto con el factor de desempeño designado de acuerdo a la valoración del tipo de trabajo, dando como resultado el tiempo normal, la tabla 41 muestra el cálculo para el suplemento ya que para el estudio se debe compensar las demoras, fatiga de los trabajadores, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante.

Tabla 40 Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT150

Cálculo de Tiempo Normal (TN)								
Proceso: Cambio de matriz			Realizado por: Ana Domínguez			Cronometraje: Vuelta cero		
Máquina: 3PT150			Revisado por: Ing. Daysi Ortiz Mg.			Estudio N°: 2		
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A. Preparación Previa								
1	Disponibilidad de la máquina	1.10	1.26	1.54	3.9	1.30	1	1.30
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.14	1.13	2.42	4.69	1.56	1	1.56
3	Revisar las herramientas que contiene	2.15	2.42	1.83	6.4	2.13	1	2.13
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.26	1.16	1.94	4.36	1.45	1	1.45
B. Desmontaje								
5	Aflojar bridas de sujeción de mesas	10.41	12.52	11.49	34.42	11.47	1	11.47
6	Retirar alzas	4.53	3.21	5.17	12.91	4.30	1	4.30
7	Guardar piezas en coche de herramientas	2.13	2.84	1.26	6.23	2.08	1	2.08
8	Solicitar el montacargas	1.91	1.32	2.13	5.36	1.79	1	1.79
9	Espera del montacargas	2.63	2.01	3.47	8.11	2.70	1	2.70
10	Traslado hacia el montacargas	1.75	1.48	2.65	5.88	1.96	1	1.96
11	Escoger el montacargas	0.42	0.63	0.87	1.92	0.64	1	0.64
12	Dirigirse a la máquina	2.10	2.62	3.28	8	2.67	1	2.67
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.25	3.05	3.19	9.49	3.16	1	3.16
14	Traslado al Estante	1.11	1.87	2.48	5.46	1.82	1	1.82
15	Almacenar la matriz vieja	4.41	4.62	3.74	12.77	4.26	1	4.26
C. Montaje								
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.17	1.59	1.84	4.6	1.53	1	1.53
17	Cargar la matriz a usar	4.81	4.62	3.76	13.19	4.40	1	4.40
18	Traslado a la máquina	0.84	0.98	1.28	3.1	1.03	1	1.03
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.02	2.25	2.85	7.12	2.37	1	2.37
20	Devolver montacargas a su puesto	3.24	3.25	2.86	9.35	3.12	1	3.12
21	Selección de herramientas del coche	2.75	1.89	1.93	6.57	2.19	1	2.19
22	Limpieza de matriz	2.04	1.52	2.07	5.63	1.88	1	1.88
23	Colocación de alzas	3.34	4.23	5.62	13.19	4.40	1	4.40

Continuación **Tabla 40** Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT150

N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
24	Ajuste bridas de sujeción	24.45	22.65	21.52	68.62	22.87	1	22.87
	D. Calibración							
25	Encendido de maquinaria	0.41	0.74	0.86	2.01	0.67	1	0.67
26	Calibración del golpe	3.23	4.21	5.24	12.68	4.23	1	4.23
27	Guardar herramientas en el coche	2.54	2.31	1.86	6.71	2.24	1	2.24
28	Inspección y aprobación del líder de área	4.52	4.23	3.64	12.39	4.13	1	4.13
							TN (min)	98.35
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal								

Tabla 41 Cálculo de suplementos para la máquina 3PT150

Cálculo de Suplementos (S)			N.	2
Área: Conformado	Género del operador: M	Realizado por: Ana Domínguez		
Proceso: Cambio de matriz	Máquina: 3PT150	Fecha: 06/11/2019		
Suplementos Constantes	Nombre		Valor	
	A.	Necesidades personales	5	
	B.	Fatiga	4	
Suplementos Variables	A.	Trabajo de Pie	2	
	B.	Postura anormal	0	
	C.	Fuerza	5	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Condición intensa	2	
	G.	Ruido	5	
	H.	Tensión Mental	4	
	I.	Monotonía	1	
	J.	Tedio	0	
Total :			28	

Máquina TR-130

Se presenta la tabla 42 la descripción del tiempo observado junto con el factor de desempeño designado de acuerdo a la valoración del tipo de trabajo, dando como resultado el tiempo normal, la tabla 43 muestra el cálculo para el suplemento ya que para el estudio se debe compensar las demoras, fatiga de los trabajadores, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante.

Tabla 42 Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT130

Cálculo de Tiempo Normal (TN)								
Proceso: Cambio de matriz			Realizado por: Ana Domínguez			Cronometraje: Vuelta cero		
Máquina: 3PT130			Revisado por: Ing. Daysi Ortiz Mg.			Estudio N°: 3		
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A. Preparación Previa								
1	Disponibilidad de la máquina	1.04	1.41	1.24	3.69	1.23	1	1.23
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.35	1.29	1.33	3.97	1.32	1	1.32
3	Revisar las herramientas que contiene	2.24	1.74	2.07	6.05	2.02	1	2.02
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.08	1.06	0.87	3.01	1.00	1	1.00
B. Desmontaje								
5	Aflojar bridas de sujeción de mesas	11.37	9.42	10.74	31.53	10.51	1	10.51
6	Retirar alzas	2.76	2.98	1.98	7.72	2.57	1	2.57
7	Guardar piezas en coche de herramientas	1.07	1.57	1.02	3.66	1.22	1	1.22
8	Solicitar el montacargas	1.86	1.62	1.32	4.8	1.60	1	1.60
9	Espera del montacargas	2.42	2.13	2.74	7.29	2.43	1	2.43
10	Traslado hacia el montacargas	1.85	1.94	1.24	5.03	1.68	1	1.68
11	Escoger el montacargas	0.63	0.75	0.84	2.22	0.74	1	0.74
12	Dirigirse a la máquina	2.52	2.30	2.33	7.15	2.38	1	2.38
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.11	3.04	4.06	10.21	3.40	1	3.40
14	Traslado al Estante	1.69	1.32	1.95	4.96	1.65	1	1.65
15	Almacenar la matriz vieja	3.56	3.10	3.41	10.07	3.36	1	3.36
C. Montaje								
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.37	1.25	1.11	3.73	1.24	1	1.24
17	Cargar la matriz a usar	2.58	2.41	2.54	7.53	2.51	1	2.51
18	Traslado a la máquina	1.83	1.74	1.29	4.86	1.62	1	1.62
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.02	2.60	2.05	6.67	2.22	1	2.22
20	Devolver montacargas a su puesto	2.87	2.14	2.35	7.36	2.45	1	2.45
21	Selección de herramientas del coche	2.15	1.87	2.74	6.76	2.25	1	2.25
22	Limpieza de matriz	2.55	1.69	1.98	6.22	2.07	1	2.07
23	Colocación de alzas	3.23	3.16	3.71	10.1	3.37	1	3.37
24	Ajuste bridas de sujeción	13.45	11.47	9.45	34.37	11.46	1	11.46
D. Calibración								
25	Encendido de maquinaria	0.87	0.74	0.18	1.79	0.60	1	0.60
26	Calibración del golpe	2.64	2.14	2.48	7.26	2.42	1	2.42
27	Guardar herramientas en el coche	1.72	1.28	1.05	4.05	1.35	1	1.35
28	Inspección y aprobación del líder de área	1.59	1.05	1.84	4.48	1.49	1	1.49
							TN (min)	72.16
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal								

Tabla 43 Cálculo de suplementos para la máquina 3PT130

Cálculo de Suplementos (S)			N.	3
Área: Conformado	Género del operador: M	Realizado por: Ana Domínguez		
Proceso: Cambio de matriz	Máquina: 3PT130	Fecha: 06/11/2019		
Suplementos Constantes	Nombre		Valor	
	A.	Necesidades personales	5	
Suplementos Variables	B.	Fatiga	4	
	A.	Trabajo de Pie	2	
	B.	Postura anormal	0	
	C.	Fuerza	4	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Condición intensa	2	
G.	Ruido	5		

Continuación **Tabla 43** Cálculo de suplementos para la máquina 3PT130

	Nombre		Valor
	H.	Tensión Mental	4
	I.	Monotonía	1
	J.	Tedio	0
Total :			27

Máquina 3PT100

Se presenta la tabla 44 la descripción del tiempo observado junto con el factor de desempeño designado de acuerdo a la valoración del tipo de trabajo, dando como resultado el tiempo normal, la tabla 45 muestra el cálculo para el suplemento ya que para el estudio se debe compensar las demoras, fatiga de los trabajadores, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante.

Tabla 44 Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT100

Cálculo de Tiempo Normal (TN)								
Proceso: Cambio de matriz			Realizado por: Ana Domínguez			Cronometraje: Vuelta cero		
Máquina: 3PT100			Revisado por: Ing. Daysi Ortiz Mg.			Estudio N°: 4		
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A. Preparación Previa								
1	Disponibilidad de la máquina	0.74	0.83	0.92	2.49	0.83	1	0.83
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.27	1.05	1.34	3.66	1.22	1	1.22
3	Revisar las herramientas que contiene	2.62	2.14	2.78	7.54	2.51	1	2.51
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.79	1.26	1.35	4.4	1.47	1	1.47
B. Desmontaje								
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	5.17	5.23	4.91	15.31	5.10	1	5.10
6	Desajustar tuercas de tambor	3.48	3.21	3.87	10.56	3.52	1	3.52
7	Retirar alzas y tuercas	0.84	0.95	0.74	2.53	0.84	1	0.84
8	Guardar piezas en coche de herramientas	1.15	1.46	1.34	3.95	1.32	1	1.32
9	Solicitar el montacargas	1.85	1.42	1.93	5.2	1.73	1	1.73
10	Espera del montacargas	2.10	1.86	2.17	6.13	2.04	1	2.04
11	Traslado hacia el montacargas	1.52	1.28	1.92	4.72	1.57	1	1.57
12	Escoger el montacargas	0.86	0.93	0.54	2.33	0.78	1	0.78
13	Dirigirse a la máquina	1.42	1.75	1.36	4.53	1.51	1	1.51
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.47	2.84	3.07	8.38	2.79	1	2.79
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	2.14	2.51	2.86	7.51	2.50	1	2.50
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.46	2.08	1.69	5.23	1.74	1	1.74
C. Montaje								
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.82	0.76	0.87	2.45	0.82	1	0.82
18	Cargar la matriz a usar	2.74	2.43	2.66	7.83	2.61	1	2.61
19	Traslado a la máquina	2.11	2.41	2.31	6.83	2.28	1	2.28
20	Seleccionar las bases adecuadas	0.92	1.02	0.88	2.82	0.94	1	0.94
21	Posicionar las bases en la máquina	0.53	0.67	0.62	1.82	0.61	1	0.61
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	2.41	2.31	2.69	7.41	2.47	1	2.47
23	Devolver montacargas a su puesto	2.15	2.08	2.27	6.5	2.17	1	2.17

Continuación **Tabla 44** Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT100

N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
24	Selección de herramientas del coche	2.89	2.97	3.14	9	3.00	1	3.00
25	Limpieza de matriz	0.63	0.84	0.93	2.4	0.80	1	0.80
26	Colocación de alzas	2.31	1.84	1.61	5.76	1.92	1	1.92
27	Ajuste bridas de sujeción	5.83	4.98	5.16	15.97	5.32	1	5.32
	D. Calibración							
28	Encendido de maquinaria	0.52	0.74	0.94	2.2	0.73	1	0.73
29	Calibración del golpe	3.21	3.04	3.19	9.44	3.15	1	3.15
30	Guardar herramientas en el coche	1.63	1.87	1.97	5.47	1.82	1	1.82
31	Inspección y aprobación del líder de área	2.18	2.61	3.04	7.83	2.61	1	2.61
							TN (min)	62.72
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal								

Tabla 45 Cálculo de suplementos para la máquina 3PT100

Cálculo de Suplementos (S)			N.	4
Área: Conformado	Género del operador: M	Realizado por: Ana Domínguez		
Proceso: Cambio de matriz	Máquina: 3PT100	Fecha: 06/11/2019		
Suplementos Constantes	Nombre		Valor	
	A.	Necesidades personales	5	
	B.	Fatiga	4	
Suplementos Variables	A.	Trabajo de Pie	2	
	B.	Postura anormal	0	
	C.	Fuerza	4	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Condición intensa	2	
	G.	Ruido	5	
	H.	Tensión Mental	4	
	I.	Monotonía	1	
	J.	Tedio	0	
Total :			27	

Máquina 3PT80

Se presenta la tabla 46 la descripción del tiempo observado junto con el factor de desempeño designado de acuerdo a la valoración del tipo de trabajo, dando como resultado el tiempo normal, la tabla 47 muestra el cálculo para el suplemento ya que para el estudio se debe compensar las demoras, fatiga de los trabajadores, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante.

Tabla 46 Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT80

Cálculo de Tiempo Normal (TN)								
Proceso: Cambio de matriz		Realizado por: Ana Domínguez				Cronometraje: Vuelta cero		
Máquina: 3PT80		Revisado por: Ing. Daysi Ortiz Mg.				Estudio N°: 5		
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A. Preparación Previa								
1	Disponibilidad de la máquina	0.71	0.67	0.59	1.97	0.66	1	0.66
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.53	1.74	1.86	5.13	1.71	1	1.71
3	Revisar las herramientas que contiene	2.06	2.11	2.18	6.35	2.12	1	2.12
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.73	1.84	1.96	5.53	1.84	1	1.84
B. Desmontaje								
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	4.68	5.04	4.95	14.67	4.89	1	4.89
6	Desajustar tuercas de tambor	2.34	2.86	2.97	8.17	2.72	1	2.72
7	Retirar alzas y tuercas	0.94	0.87	0.68	2.49	0.83	1	0.83
8	Guardar piezas en coche de herramientas	1.37	1.54	1.68	4.59	1.53	1	1.53
9	Solicitar el montacargas	1.68	1.41	1.53	4.62	1.54	1	1.54
10	Espera del montacargas	1.33	1.57	1.86	4.76	1.59	1	1.59
11	Traslado hacia el montacargas	1.04	1.08	1.15	3.27	1.09	1	1.09
12	Escoger el montacargas	0.54	0.34	0.84	1.72	0.57	1	0.57
13	Dirigirse a la máquina	1.16	1.27	1.56	3.99	1.33	1	1.33
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.16	2.45	2.62	7.23	2.41	1	2.41
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	1.14	1.15	1.18	3.47	1.16	1	1.16
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.84	1.52	1.78	5.14	1.71	1	1.71
C. Montaje								
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.76	0.58	0.69	2.03	0.68	1	0.68
18	Cargar la matriz a usar	2.08	2.21	2.14	6.43	2.14	1	2.14
19	Traslado a la máquina	1.38	1.65	1.57	4.6	1.53	1	1.53
20	Seleccionar las bases adecuadas	0.82	0.99	0.78	2.59	0.86	1	0.86
21	Posicionar las bases en la máquina	0.69	0.74	0.84	2.27	0.76	1	0.76
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.35	1.64	1.81	4.8	1.60	1	1.60
23	Devolver montacargas a su puesto	1.57	1.42	1.30	4.29	1.43	1	1.43
24	Selección de herramientas del coche	2.35	2.64	2.48	7.47	2.49	1	2.49
25	Limpieza de matriz	0.78	0.85	0.63	2.26	0.75	1	0.75
26	Colocación de alzas	1.64	1.67	1.84	5.15	1.72	1	1.72
27	Ajuste bridas de sujeción	4.51	3.98	4.37	12.86	4.29	1	4.29
D. Calibración								
28	Encendido de maquinaria	0.73	0.84	0.64	2.21	0.74	1	0.74
29	Calibración del golpe	2.34	2.53	2.87	7.74	2.58	1	2.58
30	Guardar herramientas en el coche	1.49	1.47	1.64	4.6	1.53	1	1.53
31	Inspección y aprobación del líder de área	2.32	2.87	2.59	7.78	2.59	1	2.59
							TN (min)	53.39
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal								

Tabla 47 Cálculo de suplementos para la máquina 3PT80

Cálculo de Suplementos (S)			N.	5
Área: Conformado	Género del operador: M	Realizado por: Ana Domínguez		
Proceso: Cambio de matriz	Máquina: 3PT80	Fecha: 06/11/2019		
Suplementos Constantes	Nombre		Valor	
	A.	Necesidades personales	5	
Suplementos Variables	B.	Fatiga	4	
	A.	Trabajo de Pie	2	
	B.	Postura anormal	0	
	C.	Fuerza	3	
	D.	Mala iluminación	0	

Continuación **Tabla 47** Cálculo de suplementos para la máquina 3PT80

	Nombre		Valor
	E.	Condiciones atmosféricas	0
F.	Condición intensa	2	
G.	Ruido	5	
H.	Tensión Mental	4	
I.	Monotonía	1	
J.	Tedio	0	
Total :			26

Máquina 3PT55

Se presenta la tabla 48 la descripción del tiempo observado junto con el factor de desempeño designado de acuerdo a la valoración del tipo de trabajo, dando como resultado el tiempo normal, la tabla 49 muestra el cálculo para el suplemento ya que para el estudio se debe compensar las demoras, fatiga de los trabajadores, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante.

Tabla 48 Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT55

Cálculo de Tiempo Normal (TN)								
Proceso: Cambio de matriz		Realizado por: Ana Domínguez				Cronometraje: Vuelta cero		
Máquina: 3PT55		Revisado por: Ing. Daysi Ortiz Mg.				Estudio N°: 6		
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A. Preparación Previa								
1	Disponibilidad de la máquina	0.53	0.42	0.34	1.29	0.43	1	0.43
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.21	1.54	1.32	4.07	1.36	1	1.36
3	Revisar las herramientas que contiene	2.01	2.09	2.14	6.24	2.08	1	2.08
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.38	1.21	1.17	3.76	1.25	1	1.25
B. Desmontaje								
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	4.24	4.02	4.38	12.64	4.21	1	4.21
6	Desajustar tuercas de tambor	2.74	2.51	2.33	7.58	2.53	1	2.53
7	Retirar alzas y tuercas	0.61	0.84	0.73	2.18	0.73	1	0.73
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.74	0.81	0.97	2.52	0.84	1	0.84
9	Solicitar el montacargas	1.06	1.03	1.12	3.21	1.07	1	1.07
10	España del montacargas	1.16	1.21	1.34	3.71	1.24	1	1.24
11	Traslado hacia el montacargas	1.21	1.32	1.53	4.06	1.35	1	1.35
12	Escoger el montacargas	0.46	0.74	0.56	1.76	0.59	1	0.59
13	Dirigirse a la máquina	1.28	1.33	1.47	4.08	1.36	1	1.36
14	Colocar matriz en el montacargas	2.03	2.08	2.13	6.24	2.08	1	2.08
15	Traslado matriz al estante	1.36	1.45	1.52	4.33	1.44	1	1.44
16	Almacenar la matriz vieja	1.25	1.37	1.29	3.91	1.30	1	1.30
C. Montaje								
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.46	0.57	0.62	1.65	0.55	1	0.55
18	Cargar la matriz a usar	2.34	2.05	2.14	6.53	2.18	1	2.18
19	Traslado a la máquina	1.22	1.35	1.17	3.74	1.25	1	1.25
20	Seleccionar las bases adecuadas	0.56	0.85	0.67	2.08	0.69	1	0.69

Continuación **Tabla 48** Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT55

N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
21	Posicionar las bases en la máquina	0.46	0.54	0.86	1.86	0.62	1	0.62
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.23	1.35	1.29	3.87	1.29	1	1.29
23	Devolver montacargas a su puesto	1.29	1.14	1.32	3.75	1.25	1	1.25
24	Selección de herramientas del coche	2.07	1.98	2.15	6.2	2.07	1	2.07
25	Limpieza de matriz	0.42	0.57	0.71	1.7	0.57	1	0.57
26	Colocación de alzas	1.03	0.97	1.18	3.18	1.06	1	1.06
27	Ajuste bridas de sujeción	4.46	4.25	4.38	13.09	4.36	1	4.36
	D. Calibración							
28	Encendido de maquinaria	0.51	0.47	0.62	1.6	0.53	1	0.53
29	Calibración del golpe	1.43	1.49	1.38	4.3	1.43	1	1.43
30	Guardar herramientas en el coche	1.06	0.94	1.13	3.13	1.04	1	1.04
31	Inspección y aprobación del líder de área	2.04	2.11	1.98	6.13	2.04	1	2.04
						TN (min)		44.79
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal								

Tabla 49 Cálculo de suplementos para la máquina 3PT55

Cálculo de Suplementos (S)			N.	6
Área: Conformado	Género del operador: M	Realizado por: Ana Domínguez		
Proceso: Cambio de matriz	Máquina: 3PT55	Fecha: 06/11/2019		
Suplementos Constantes	Nombre		Valor	
	A.	Necesidades personales		5
	B.	Fatiga		4
Suplementos Variables	A.	Trabajo de Pie		2
	B.	Postura anormal		0
	C.	Fuerza		3
	D.	Mala iluminación		0
	E.	Condiciones atmosféricas		0
	F.	Condición intensa		2
	G.	Ruido		5
	H.	Tensión Mental		4
	I.	Monotonía		1
	J.	Tedio		0
Total :				26

Máquina 3PT40-01

Se presenta la tabla 50 la descripción del tiempo observado junto con el factor de desempeño designado de acuerdo a la valoración del tipo de trabajo, dando como resultado el tiempo normal, la tabla 51 muestra el cálculo para el suplemento ya que para el estudio se debe compensar las demoras, fatiga de los trabajadores, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante.

Tabla 50 Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT40-01

Cálculo de Tiempo Normal (TN)										
Proceso: Cambio de matriz		Realizado por: Ana Domínguez			Cronometraje: Vuelta cero					
Máquina: 3PT40-01		Revisado por: Ing. Daysi Ortiz Mg.			Estudio N°: 7					
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)					Resumen			
		1	2	3	4	5	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	0.32	0.29	0.41	0.32	0.45	1.79	0.36	1	0.36
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.31	1.23	1.47	1.32	1.42	6.75	1.35	1	1.35
3	Revisar las herramientas que contiene	2.23	2.03	2.15	2.08	2.21	10.7	2.14	1	2.14
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.36	1.45	1.24	1.12	1.32	6.49	1.30	1	1.30
Desmontaje										
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.17	2.27	2.08	2.24	2.18	10.94	2.19	1	2.19
6	Desajustar tuercas de tambor	2.04	1.87	1.93	1.67	2.07	9.58	1.92	1	1.92
7	Retirar alzas y tuercas	0.82	0.74	0.68	0.56	0.81	3.61	0.72	1	0.72
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.52	0.63	0.71	0.84	0.61	3.31	0.66	1	0.66
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	1.12	1.18	1.26	1.28	1.19	6.03	1.21	1	1.21
10	Escoger el coche de carga disponible.	0.95	0.82	0.74	1.11	0.63	4.25	0.85	1	0.85
11	Ir a la máquina	0.97	0.91	0.83	0.98	0.77	4.46	0.89	1	0.89
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.52	0.67	0.41	0.59	0.71	2.9	0.58	1	0.58
13	Traslado matriz al estante	1.13	1.48	1.26	1.28	1.34	6.49	1.30	1	1.30
14	Almacenar la matriz vieja	1.54	1.67	1.58	1.67	1.81	8.27	1.65	1	1.65
Montaje										
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.47	0.57	0.63	0.33	0.68	2.68	0.54	1	0.54
16	Cargar la matriz a usar	1.43	1.32	1.27	1.54	1.62	7.18	1.44	1	1.44
17	Traslado a la máquina	1.26	1.53	1.47	1.32	1.19	6.77	1.35	1	1.35
18	Seleccionar las bases adecuadas	0.31	0.47	0.51	0.67	0.38	2.34	0.47	1	0.47
19	Posicionar las bases en la máquina	0.42	0.52	0.63	0.69	0.71	2.97	0.59	1	0.59
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.58	1.63	1.74	1.84	1.96	8.75	1.75	1	1.75
21	Devolver coche de carga a su puesto	1.37	1.64	1.42	1.68	1.73	7.84	1.57	1	1.57
22	Selección de herramientas del coche	1.77	1.44	1.67	1.84	1.68	8.4	1.68	1	1.68
23	Limpieza de matriz	0.26	0.42	0.36	0.45	0.31	1.8	0.36	1	0.36
24	Colocación de alzas	1.04	1.18	1.09	1.14	0.97	5.42	1.08	1	1.08
25	Ajuste bridas de sujeción	2.21	2.34	2.51	2.35	2.64	12.05	2.41	1	2.41
Calibración										
26	Encendido de maquinaria	0.34	0.42	0.39	0.47	0.51	2.13	0.43	1	0.43
27	Calibración del golpe	1.21	1.35	1.41	1.68	1.84	7.49	1.50	1	1.50
28	Guardar herramientas en el coche	1.03	1.12	0.98	1.15	0.94	5.22	1.04	1	1.04
29	Inspección y aprobación del líder de área	2.07	1.98	2.05	2.13	1.94	10.17	2.03	1	2.03
									TN (min)	35.36
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal										

Tabla 51 Cálculo de suplementos para la máquina 3PT40-01

Cálculo de Suplementos (S)			N.	7
Área: Conformado	Género del operador: M		Realizado por: Ana Domínguez	
Proceso: Cambio de matriz	Máquina: 3PT40-01		Fecha: 06/11/2019	
Suplementos Constantes	Nombre		Valor	
	A.	Necesidades personales	5	
	B.	Fatiga	4	
Suplementos Variables	A.	Trabajo de Pie	2	
	B.	Postura anormal	0	
	C.	Fuerza	2	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Condición intensa	2	

Continuación **Tabla 51** Cálculo de suplementos para la máquina 3PT40-01

	Nombre		Valor
	G.	Ruido	2
H.	Tensión Mental	4	
I.	Monotonía	1	
J.	Tedio	0	
Total :			22

Máquina 3PT35

Se presenta la tabla 52 la descripción del tiempo observado junto con el factor de desempeño designado de acuerdo a la valoración del tipo de trabajo, dando como resultado el tiempo normal, la tabla 53 muestra el cálculo para el suplemento ya que para el estudio se debe compensar las demoras, fatiga de los trabajadores, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante.

Tabla 52 Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT35

Cálculo de Tiempo Normal (TN)										
Proceso: Cambio de matriz		Realizado por: Ana Domínguez			Cronometraje: Vuelta cero					
Máquina: 3PT35		Revisado por: Ing. Daysi Ortiz Mg.			Estudio N°: 8					
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)					Resumen			
		1	2	3	4	5	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	0.29	0.25	0.39	0.27	0.13	1.33	0.27	1	0.27
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.14	1.09	1.18	1.27	1.12	5.8	1.16	1	1.16
3	Revisar las herramientas que contiene	1.67	1.45	1.33	1.47	1.39	7.31	1.46	1	1.46
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.24	1.28	1.37	1.43	1.48	6.8	1.36	1	1.36
B. Desmontaje										
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.07	2.11	2.26	1.08	2.09	9.61	1.92	1	1.92
6	Desajustar tuercas de tambor	1.92	1.82	1.73	1.88	1.84	9.19	1.84	1	1.84
7	Retirar alzas y tuercas	0.64	0.89	0.75	0.61	0.91	3.8	0.76	1	0.76
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.42	0.47	0.67	0.71	0.64	2.91	0.58	1	0.58
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	1.08	1.18	1.24	1.33	1.22	6.05	1.21	1	1.21
10	Escoger el coche de carga disponible.	1.03	1.14	1.06	1.12	1.17	5.52	1.10	1	1.10
11	Ir a la máquina	0.87	0.86	0.74	0.78	0.95	4.2	0.84	1	0.84
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.68	0.68	0.74	0.53	0.83	3.46	0.69	1	0.69
13	Traslado de la matriz al estante	1.03	1.19	1.07	1.12	1.31	5.72	1.14	1	1.14
14	Almacenar la matriz vieja	1.17	1.27	1.02	1.18	1.39	6.03	1.21	1	1.21
C. Montaje										
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.69	0.74	0.59	0.51	0.66	3.19	0.64	1	0.64
16	Cargar la matriz a usar	1.46	1.38	1.55	1.64	1.33	7.36	1.47	1	1.47
17	Traslado a la máquina	1.21	1.38	1.42	1.57	1.34	6.92	1.38	1	1.38
18	Seleccionar las bases adecuadas	0.49	0.38	0.47	0.51	0.44	2.29	0.46	1	0.46
19	Posicionar las bases en la máquina	0.42	0.52	0.38	0.61	0.49	2.42	0.48	1	0.48
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.46	1.61	1.47	1.53	1.49	7.56	1.51	1	1.51
21	Devolver coche de carga a su puesto	1.23	1.33	1.27	1.26	1.42	6.51	1.30	1	1.30
22	Selección de herramientas del coche	1.14	1.82	1.67	1.74	1.69	8.06	1.61	1	1.61

Continuación **Tabla 52** Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT35

N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)					Resumen			
		1	2	3	4	5	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
23	Limpieza de matriz	0.38	0.34	0.41	0.38	0.29	1.8	0.36	1	0.36
24	Colocación de alzas	0.87	0.99	0.72	0.98	1.14	4.7	0.94	1	0.94
25	Ajuste bridas de sujeción	2.15	2.18	2.27	2.06	2.16	10.82	2.16	1	2.16
D. Calibración										
26	Encendido de maquinaria	0.38	0.41	0.38	0.49	0.47	2.13	0.43	1	0.43
27	Calibración del golpe	1.03	1.38	1.26	1.29	1.35	6.31	1.26	1	1.26
28	Guardar herramientas en el coche	0.94	1.08	0.97	1.14	1.18	5.31	1.06	1	1.06
29	Inspección y aprobación del líder de área	1.85	2.15	1.98	2.01	1.77	9.76	1.95	1	1.95
									TN (min)	32.55
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal										

Tabla 53 Cálculo de suplementos para la máquina 3PT35

Cálculo de Suplementos (S)			N.	8
Área: Conformado	Género del operador: M	Realizado por: Ana Domínguez		
Proceso: Cambio de matriz	Máquina: 3PT35	Fecha: 06/11/2019		
Suplementos Constantes	Nombre		Valor	
	A.	Necesidades personales	5	
	B.	Fatiga	4	
Suplementos Variables	A.	Trabajo de Pie	2	
	B.	Postura anormal	0	
	C.	Fuerza	2	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Condición intensa	2	
	G.	Ruido	2	
	H.	Tensión Mental	4	
	I.	Monotonía	1	
	J.	Tedio	0	
Total :			22	

Máquina 3PT25

Se presenta la tabla 54 la descripción del tiempo observado junto con el factor de desempeño designado de acuerdo a la valoración del tipo de trabajo, dando como resultado el tiempo normal, la tabla 55 muestra el cálculo para el suplemento ya que para el estudio se debe compensar las demoras, fatiga de los trabajadores, y así poder definir un estándar justo en la que se pueda cumplir la labor a un paso normal y constante.

Tabla 54 Cálculo de tiempo normal en la máquina 3PT25

Cálculo de Tiempo Normal (TN)										
Proceso: Cambio de matriz		Realizado por: Ana Domínguez			Cronometraje: Vuelta cero					
Máquina: 3PT55		Revisado por: Ing. Daysi Ortiz Mg.			Estudio N°: 9					
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)					Resumen			
		1	2	3	4	5	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A. Preparación Previa										
1	Disponibilidad de la máquina	0.26	0.28	0.31	0.35	0.27	1.47	0.29	1	0.29
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.08	1.12	1.09	1.15	1.02	5.46	1.09	1	1.09
3	Revisar las herramientas que contiene	2.03	1.97	2.08	2.11	2.09	10.28	2.06	1	2.06
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.01	1.04	1.05	0.96	0.87	4.93	0.99	1	0.99
B. Desmontaje										
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	1.54	1.34	1.59	1.63	1.42	7.52	1.50	1	1.50
6	Desajustar tuercas de tambor	1.42	1.53	1.64	1.31	1.39	7.29	1.46	1	1.46
7	Retirar alzas y tuercas	0.55	0.44	0.61	0.63	0.54	2.77	0.55	1	0.55
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.67	0.68	0.74	0.61	0.59	3.29	0.66	1	0.66
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	1.08	1.02	1.01	1.14	0.91	5.16	1.03	1	1.03
10	Escoger el coche de carga disponible.	0.81	0.78	0.94	0.72	0.86	4.11	0.82	1	0.82
11	Ir a la máquina	1.03	1.09	1.10	1.14	0.97	5.33	1.07	1	1.07
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.64	0.61	0.58	0.76	0.62	3.21	0.64	1	0.64
13	Traslado de la matriz al estante	1.02	1.08	0.97	1.02	1.11	5.2	1.04	1	1.04
14	Almacenar la matriz vieja	1.16	1.08	1.13	1.12	1.18	5.67	1.13	1	1.13
C. Montaje										
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.54	0.47	0.38	0.37	0.46	2.22	0.44	1	0.44
16	Cargar la matriz a usar	1.14	1.24	1.17	1.08	1.06	5.69	1.14	1	1.14
17	Traslado a la máquina	1.05	1.03	1.14	1.11	1.02	5.35	1.07	1	1.07
18	Seleccionar las bases adecuadas	0.34	0.37	0.41	0.57	0.32	2.01	0.40	1	0.40
19	Posicionar las bases en la máquina	0.49	0.58	0.61	0.47	0.63	2.78	0.56	1	0.56
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.27	1.21	1.35	1.32	1.24	6.39	1.28	1	1.28
21	Devolver coche de carga a su puesto	1.13	1.15	1.28	1.17	1.14	5.87	1.17	1	1.17
22	Selección de herramientas del coche	1.28	1.34	1.42	1.29	1.58	6.91	1.38	1	1.38
23	Limpieza de matriz	0.34	0.28	0.47	0.49	0.32	1.9	0.38	1	0.38
24	Colocación de alzas	1.15	1.18	1.24	1.16	1.07	5.8	1.16	1	1.16
25	Ajuste bridas de sujeción	1.86	1.74	1.65	1.84	1.83	8.92	1.78	1	1.78
D. Calibración										
26	Encendido de maquinaria	0.35	0.37	0.42	0.31	0.27	1.72	0.34	1	0.34
27	Calibración del golpe	1.09	1.06	1.14	1.16	1.08	5.53	1.11	1	1.11
28	Guardar herramientas en el coche	1.12	1.04	1.16	1.11	1.19	5.62	1.12	1	1.12
29	Inspección y aprobación del líder de área	1.94	1.92	1.84	1.79	1.98	9.47	1.89	1	1.89
									TN (min)	29.55
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal										

Tabla 55 Cálculo de suplementos para la máquina 3PT25

Cálculo de Suplementos (S)			N.	9
Área: Conformado	Género del operador: M		Realizado por: Ana Domínguez	
Proceso: Cambio de matriz	Máquina: 3PT25		Fecha: 06/11/2019	
Suplementos Constantes	Nombre		Valor	
	A.	Necesidades personales	5	
Suplementos Variables	B.	Fatiga	4	
	A.	Trabajo de Pie	2	
	B.	Postura anormal	0	
	C.	Fuerza	2	
	D.	Mala iluminación	0	
	E.	Condiciones atmosféricas	0	
	F.	Condición intensa	2	

Continuación **Tabla 55** Cálculo de suplementos para la máquina 3PT25

	Nombre		Valor
	G.	Ruido	2
	H.	Tensión Mental	4
	I.	Monotonía	1
	J.	Tedio	0
Total :		22	

Análisis e interpretación de los resultados del estudio de tiempos

En la Tabla 56 se observa los resultados del estudio de tiempos en el proceso de cambio de matriz tradicional de la empresa en estudio, donde se especifica el tiempo normal, suplementos y tiempo estándar de cada una de la maquinaria selecta en minutos.

Tabla 56 Cálculo de tiempo estándar en cambio de matriz

Cálculo de Tiempo Estándar (TS)				
N.	Máquina	Tiempo Normal (min)	Suplementos	Tiempo Estándar (min)
1	3PH100	126.08	23	155.08
2	3PT150	98.35	28	125.89
3	TR-130	72.16	27	91.64
4	3PT100	62.72	27	79.65
5	3PT80	53.39	26	67.27
6	3PT55	44.79	26	56.44
7	3PT40-01	35.36	22	43.13
8	3PT35	32.55	22	39.71
9	3PT25	29.55	22	36.05

En la figura 17 se muestra los Tiempos estándar para el cambio de matrices en los procesos de Conformado de las máquinas implicadas.

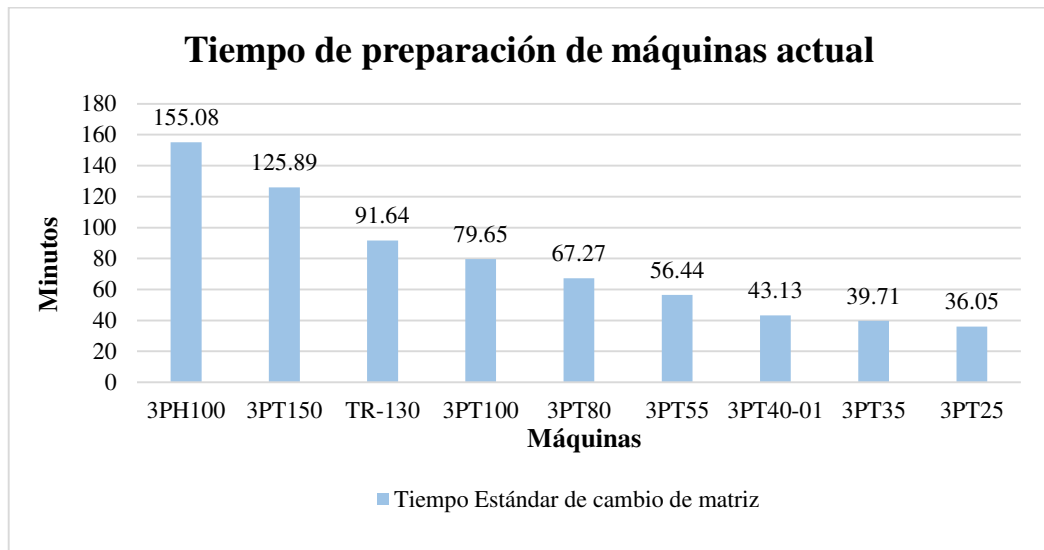


Fig. 17 Tiempos estándar actual para el cambio de matrices

Interpretación:

El diagrama de barras muestra la situación actual en que se maneja la empresa con respecto a los procesos de cambio de matriz, en donde la prensa hidráulica con código 3PH100 conlleva un mayor tiempo de Set Up con 155.08 min mientras que la prensa troqueladora 3PT25 presenta el menor tiempo con 36.05 min.

Hoja de operaciones y tiempos para los procesos productivos

A continuación, se describen las operaciones y se determinan los tiempos estándar (TE) para los procesos de conformado, ya que se requiere conocer la capacidad de producción de los procesos y ver la influencia que tiene el tiempo de preparación de maquinaria sobre los mismos:

Descripción de actividades

Se presenta la tabla 57 con la descripción de cada elemento a analizar para el desarrollo de los diferentes componentes de la Caja Metálica Bifásica 300 * 200 * 100 marco plástico EESA.

Tabla 57 Descripción de actividades

Descripción de actividades	
Producto: Caja Metálica Bifásica 300 x 200 x 100 marco plástico EEASA	Fecha: 11/12/2019
Área: Conformado	Observado por: Ana Domínguez
Elemento	Descripción
A	Seleccionar el componente a procesar (utilizar lubricante de ser el caso)
B	Posicionar encima de la matriz el componente
C	Aplastar del botón o pedal para activación de la maquinaria
D	Esperar que el pistón termine de ejecutar su trabajo
E	Retirar el componente procesado
F	Revisión de la calidad de la pieza
G	Almacenar el producto

De igual manera se trabaja con la tabla propuesta por General Electric para el número de ciclos recomendados, y para el factor de desempeño se emplea la tabla de escala de valoración del ritmo de trabajo de la norma británica. En las tablas 58 a la 81 se observa el cálculo del tiempo estándar para los diferentes procesos de conformado.

Base Metálica:

- **Embutido**

Tabla 58 Hoja de operaciones y tiempos – Embutido (BM)

El.	Hoja de Operaciones y Tiempos																																								Resumen					
	Ciclo (s)																																								ΣT	T Prom	Fd	TN		
A	6	4	5	6	4	6	7	6	5	4	7	6	5	4	5	5	4	6	6	5	5	6	7	5	6	6	7	4	5	5	6	6	5	7	6	5	7	4	5	4	217	5.43	1	5.43		
B	5	5	4	5	4	5	6	5	4	5	6	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4	5	6	4	5	5	6	5	4	4	5	5	4	6	5	4	6	5	4	5	192	4.80	1	4.80		
C	4	3	4	6	5	6	4	6	4	3	4	4	4	3	5	4	3	4	6	4	4	4	4	6	4	4	3	5	4	4	6	4	4	4	4	4	4	3	4	3	168	4.20	1	4.20		
D	9	8	9	7	8	9	7	7	9	8	7	9	7	8	7	9	8	9	7	9	7	9	7	9	7	9	7	9	7	8	7	7	9	7	9	7	9	7	7	8	9	8	318	7.95	1	7.95
E	7	7	8	9	7	8	9	9	8	7	9	7	6	7	6	8	7	7	9	8	6	7	9	8	9	7	9	7	8	7	6	6	7	9	8	9	7	6	9	7	8	7	304	7.60	1	7.60
F	5	4	3	4	3	3	5	4	3	4	5	5	5	4	4	3	4	5	4	3	5	5	5	3	4	5	5	4	4	5	5	4	3	5	5	5	5	4	3	4	168	4.20	1	4.20		
G	4	5	6	3	5	4	4	3	6	5	4	4	3	5	5	6	5	4	3	6	3	4	4	6	3	4	4	5	5	3	4	3	6	4	4	3	4	5	6	5	175	4.38	1	4.38		
										S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%										TN (s)		38.55																								
										S. Variables: S. trab. de pie 2% + S. postura anormal (inclinada) 2% + Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 9%										TE (s)		45.48																								
										Total Suplemento = 18%										TE (min)		0.75																								

- **Corte de exceso**

Tabla 59 Hoja de operaciones y tiempos – Corte de exceso (BM)

El.	Hoja de Operaciones y Tiempos																																								Resumen				
	Ciclo (s)																																								ΣT	T Prom	Fd	TN	
A	3	3	2	4	2	3	4	3	3	4	2	2	3	4	2	3	3	4	4	5	3	2	2	3	4	4	3	2	2	3	3	2	3	3	4	3	5	3	5	4	126	3.15	1	3.15	
B	4	5	5	4	5	3	3	5	4	3	4	5	3	3	2	3	4	5	4	3	3	3	3	4	3	5	3	2	2	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	145	3.62	1	3.62	
C	5	4	5	4	6	5	4	4	5	3	4	5	4	5	3	5	6	4	5	7	6	3	5	4	5	3	3	5	5	4	3	3	3	4	5	5	4	4	5	4	176	4.40	1	4.40	
D	8	7	7	6	6	8	8	9	5	6	6	7	9	7	9	8	8	8	9	9	7	7	6	8	8	7	8	7	9	8	8	7	8	9	8	7	8	8	8	8	8	304	7.60	1	7.60
E	6	6	5	6	5	7	5	6	5	8	6	5	6	5	8	6	6	5	6	7	6	4	5	4	5	8	7	6	5	4	5	6	4	5	6	4	5	4	5	4	221	5.52	1	5.52	
F	7	7	8	5	6	6	8	8	7	8	7	8	8	7	7	5	6	5	7	5	6	5	6	5	7	7	6	7	8	7	6	5	6	7	7	6	6	7	5	8	262	6.55	1	6.55	
G	3	2	3	4	3	2	3	4	3	4	4	5	3	3	2	4	3	4	5	2	4	3	4	3	5	4	3	3	2	3	4	5	3	3	2	4	5	3	2	3	134	3.35	1	3.35	
										S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%										TN (s)		34.20																							
										S. Variables: S. trab. de pie 2% + S. postura anormal (inclinada) 2% + Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 9%										TE (s)		40.36																							
										Total Suplemento = 18%										TE (min)		0.67																							

- **Perforado general**

Tabla 60 Hoja de operaciones y tiempos – Perforado general (BM)

Hoja de Operaciones y Tiempos																														Resumen														
EL.	Ciclo (s)																													ΣT	T Prom	Fd	TN											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29					30										
A	3	4	3	2	3	2	3	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2	2	4	3	4	5	5	4	114	2.85	1	2.85		
B	4	3	5	3	4	6	5	3	6	4	4	5	4	3	6	4	5	3	4	4	6	4	3	6	5	4	3	4	6	5	4	4	6	3	5	4	6	5	6	5	179	4.48	1	4.48
C	4	5	3	5	5	4	3	5	4	4	5	3	4	5	4	5	3	5	4	5	4	4	5	4	3	5	4	4	5	3	5	7	6	7	5	7	5	177	4.43	1	4.43			
D	6	5	4	4	5	6	4	4	6	6	5	4	6	4	6	5	4	4	6	5	6	6	4	6	4	5	4	6	6	4	5	6	6	4	4	5	7	7	5	7	206	5.15	1	5.15
E	4	3	3	4	3	5	3	4	5	4	3	3	4	4	5	3	3	4	4	3	5	4	4	5	3	3	4	5	4	3	3	6	5	6	5	6	5	158	3.95	1	3.95			
F	6	5	4	5	6	4	4	5	4	6	6	4	6	5	4	6	4	5	6	6	4	6	5	6	4	4	6	6	4	5	4	6	5	7	7	6	205	5.13	1	5.13				
G	4	4	5	3	5	3	5	3	3	4	5	5	4	3	3	5	5	3	4	5	3	4	3	3	5	5	3	4	3	5	5	4	3	3	5	5	4	5	4	5	162	4.05	1	4.05
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%																													TN (s)		30.03													
S. Variables: S. trab. de pie 2% + S. postura anormal (inclinada) 2% + Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 9%																													TE (s)		35.43													
Total Suplemento = 18%																													TE (min)		0.59													

- **Perforado lateral y frontal**

Tabla 61 Hoja de operaciones y tiempos – Perforado lateral y frontal (BM)

Hoja de Operaciones y Tiempos																														Resumen														
EL.	Ciclo (s)																													ΣT	T Prom	Fd	TN											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29					30										
A	4	3	5	4	5	6	6	5	3	5	6	3	4	4	5	4	5	3	6	5	6	5	6	5	5	3	6	3	5	5	6	3	6	5	4	6	188	4.70	1	4.70				
B	6	7	6	5	5	4	4	6	7	5	6	5	7	6	5	5	6	5	5	6	4	5	4	6	5	5	7	5	5	5	4	5	6	5	6	5	4	6	5	7	215	5.38	1	5.38
C	5	6	4	4	3	5	5	4	6	4	4	4	6	5	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	172	4.30	1	4.30		
D	7	6	8	8	7	6	6	8	6	8	8	6	7	7	8	8	8	6	8	8	6	8	6	8	7	6	8	8	8	6	6	6	8	8	8	6	6	8	8	8	287	7.18	1	7.18
E	4	3	5	4	3	6	6	5	3	4	3	3	5	4	4	4	5	3	3	5	6	4	6	5	3	3	3	4	4	3	6	3	5	4	3	3	6	5	4	3	165	4.13	1	4.13
F	6	4	5	6	7	4	4	5	4	6	5	5	6	6	6	6	5	5	5	5	4	6	4	5	7	5	5	6	5	4	5	5	6	5	5	4	5	6	5	208	5.20	1	5.20	
G	4	5	4	3	3	3	3	4	5	5	4	3	5	4	5	3	4	3	4	3	3	4	3	3	4	5	3	3	3	3	4	5	4	3	3	4	3	4	150	3.75	1	3.75		
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%																													TN (s)		34.63													
S. Variables: S. trab. de pie 2% + S. postura anormal (inclinada) 2% + Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 9%																													TE (s)		40.86													
Total Suplemento = 18%																													TE (min)		0.68													

- **Estampado de trazabilidad**

Tabla 62 Hoja de operaciones y tiempos – Estampado de trazabilidad (BM)

Hoja de Operaciones y Tiempos																																																														
El.	Ciclo (s)																																																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		
A	2	2	3	1	2	3	4	3	2	1	3	3	2	4	1	4	1	3	3	2	4	2	1	3	4	3	2	4	2	1	3	2	4	2	4	3	2	1	2	4	3	2	4	3	2	1	4	2	4	3	4	2	1	4	1	2	3	2	3	1		
B	3	2	3	2	2	4	3	3	3	2	4	3	2	3	2	3	2	3	4	3	3	2	2	4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3	4	3	3	4	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	4	2						
C	3	3	2	4	3	2	2	2	3	4	2	2	3	2	4	2	4	2	2	3	2	3	4	2	2	3	2	3	4	2	3	2	2	3	2	2	3	4	3	2	2	3	2	2	3	4	2	3	2	2	2	3	4	2	4	3	2	3	2	4		
D	3	2	3	4	2	4	2	3	3	4	4	3	2	2	4	2	4	3	4	3	2	2	4	3	2	4	4	3	2	2	2	3	3	4	2	2	4	3	2	4	3	4	3	4	3	4	2	2	2	3	2	3	4	2	4	2	3	3	4	4		
E	4	3	2	3	3	3	4	2	4	3	3	2	3	4	3	4	3	2	3	4	4	3	3	2	4	4	3	3	3	4	4	3	4	2	4	3	3	4	3	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	2	4	4	3	4	3	3	2	4	3	3
F	2	1	3	2	1	3	3	3	2	2	3	3	1	3	2	3	2	3	3	2	3	1	2	3	3	2	3	1	2	3	2	3	1	3	3	2	2	1	3	3	2	3	3	2	2	3	1	3	3	3	2	2	3	2	1	3	2	3	2			
G	2	2	3	4	2	4	4	3	2	4	4	3	2	4	4	4	4	3	4	2	4	2	4	3	4	4	2	4	2	4	4	2	4	4	2	4	3	2	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	3	2	4	4
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%																																																														
S. Variables: Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Tensión mental (proceso bastante complejo) 1% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 6%																																																														
Total Suplemento = 15%																																																														

Continuación **Tabla 62** Hoja de operaciones y tiempos – Estampado de trazabilidad (BM)

Resumen				
Elem.	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A	153	2.55	1	2.55
B	168	2.80	1	2.80
C	161	2.68	1	2.68
D	176	2.93	1	2.93
E	196	3.27	1	3.27
F	141	2.35	1	2.35
G	194	3.23	1	3.23
TN (s)				19.82
TE (s)				22.99
TE (min)				0.38

- Troquelado aireadores

Tabla 63 Hoja de operaciones y tiempos – Troquelado de aireadores (BM)

Hoja de Operaciones y Tiempos																																																												
El.	Ciclo (s)																																																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33																											
A	1	3	3	1	2	2	3	2	2	3	2	1	3	2	2	2	3	2	1	1	3	2	1	2	3	2	3	2	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	2	1	1	2	3	2	1	1					
B	3	2	3	3	4	3	2	3	3	4	3	4	2	4	4	4	4	3	5	2	3	4	5	3	4	4	2	3	4	5	5	4	4	3	2	4	4	3	3	5	4	3	4	5	2	4	3	4	4	3	4	3	2	4	2	3	4	4	2	2
C	2	3	4	5	4	2	4	5	3	4	4	4	3	2	4	5	4	4	4	3	4	5	6	4	4	2	3	4	5	4	4	4	2	4	3	5	4	3	3	4	4	4	2	4	3	5	3	4	2	3	4	3	3	2	3	5	4	4	2	2
D	6	5	6	4	4	7	6	5	6	5	7	5	5	7	6	7	6	7	8	5	7	5	6	7	6	7	5	7	7	7	8	6	7	7	8	7	6	6	6	8	5	6	7	7	5	6	6	5	7	6	5	5	5	7	5	5	6	6	5	5
E	4	4	5	3	2	6	5	5	4	3	5	5	4	6	5	5	5	5	3	4	3	5	4	5	5	6	4	5	5	2	3	5	6	5	4	5	5	4	4	3	5	5	6	3	4	5	4	5	6	4	5	4	4	5	4	3	5	3	2	
F	3	3	5	3	3	4	5	3	4	5	3	5	3	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	5	4	3	3	3	5	5	4	3	3	3	5	4	4	5	5	3	4	5	3	3	4	5	4	3	3	4	3	3	3	2	5	3	3	2	
G	3	2	3	4	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	2	2	3	3	4	2	4	2	2	3	3	3	2	2	2	4	3	3	3	2	2	3	3	3	4	3	3	3	4	2	2	3	3	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3			
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%																																																												
S. Variables: Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Tensión mental (proceso bastante complejo) 1% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 6%																																																												
Total Suplemento = 15%																																																												

Continuación Tabla 63 Hoja de operaciones y tiempos – Troquelado de aireadores (BM)

Resumen				
Elem.	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A	130	2.17	1	2.17
B	205	3.42	1	3.42
C	216	3.60	1	3.60
D	364	6.07	1	6.07
E	263	4.38	1	4.38
F	222	3.70	1	3.70
G	165	2.75	1	2.75
TN (s)				26.08
TE (s)				30.00
TE (min)				0.50

Ángulo de Seguridad:

- Corte, perforado y doblado

Tabla 64 Hoja de operaciones y tiempos – Corte, perforado y doblado (AS)

Hoja de Operaciones y Tiempos																																																												
El.	Ciclo (s)																																																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33																											
A	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2																			
B	3	2	2	3	3	2	3	2	2	3	2	2	3	4	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	4	3	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	4	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	4	2	2	4	3	3	2	2	
C	2	3	2	2	2	4	2	2	3	1	2	4	3	4	4	3	2	2	2	4	3	1	2	4	2	4	2	2	1	4	3	2	2	2	1	4	2	4	4	2	2	4	2	1	3	4	2	2	4	4	2	1	4	2	4	4	1	2	2	2
D	4	3	3	4	3	3	4	4	3	5	4	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	5	4	3	3	3	4	4	5	3	3	3	4	4	5	3	4	3	3	4	4	3	3	5	3	3	4	4	3	3	4	5	3	3	3	3	5	4	4	3
E	1	1	2	3	1	3	3	2	1	2	2	3	1	1	3	1	2	3	2	3	1	2	3	3	2	3	1	2	3	3	2	3	2	3	1	2	3	2	2	1	3	3	2	3	3	2	1	3	3	2	1	2	3	1	2	3	2	2		
F	3	2	1	2	2	1	2	3	2	2	3	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	2	1	1	2	2	3	2	1	2	1	2	2	2	1	3	1	2	3	3	1	1	2	2	1	2	3	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	3	1
G	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2			
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%																																																												
S. Variables: Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 5%																																																												
Total Suplemento = 14%																																																												

Continuación **Tabla 64** Hoja de operaciones y tiempos – Corte, perforado y doblado (AS)

Resumen				
Elem.	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A	88	1.47	1	1.47
B	150	2.50	1	2.50
C	156	2.60	1	2.60
D	215	3.58	1	3.58
E	129	2.15	1	2.15
F	109	1.82	1	1.82
G	86	1.43	1	1.43
TN (s)				15.55
TE (s)				17.73
TE (min)				0.30

Tapa Metálica

- Embutido

Tabla 69 Hoja de operaciones y tiempos – Embutido (TM)

El.	Hoja de Operaciones y Tiempos																																								Resumen					
	Ciclo (s)																																								ΣT	T Prom	Fd	TN		
A	3	3	4	3	5	4	6	3	4	5	6	3	4	4	4	4	5	3	3	5	4	5	6	5	5	3	6	5	3	3	6	4	5	3	6	3	4	5	3	4	169	4.23	1	4.23		
B	6	7	5	6	5	5	4	6	5	5	6	6	7	6	5	5	6	5	6	6	5	5	4	6	5	5	7	5	6	5	4	5	6	6	6	6	5	5	6	6	5	219	5.48	1	5.48	
C	5	6	5	5	3	5	5	5	5	4	4	5	6	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4	3	4	4	4	5	4	5	5	4	5	4	4	5	4	5	5	182	4.55	1	4.55		
D	8	6	7	8	7	7	6	8	7	8	8	8	7	7	7	8	8	6	8	8	7	8	6	8	7	6	8	8	6	6	7	8	8	8	6	7	8	8	7	8	8	7	292	7.30	1	7.30
E	3	3	5	3	3	5	6	3	5	4	3	3	5	4	5	4	5	3	3	5	5	4	6	5	3	3	4	3	3	6	5	5	3	3	3	5	5	3	5	5	162	4.05	1	4.05		
F	5	4	5	5	7	5	4	5	5	6	5	5	6	6	5	6	5	5	5	5	5	6	4	5	7	5	5	6	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	206	5.15	1	5.15		
G	4	5	5	4	3	5	3	4	5	5	4	4	5	4	5	3	4	3	4	4	4	5	5	3	4	3	3	4	5	4	3	3	5	4	4	4	3	5	4	4	5	163	4.08	1	4.08	
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%															TN (s)				34.83																											
S. Variables: S. trab. de pie 2% + S. postura anormal (inclinada) 2% + Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 9%															TE (s)				41.09																											
Total Suplemento = 18%															TE (min)				0.68																											

- Corte de exceso

Tabla 70 Hoja de operaciones y tiempos – Corte de exceso (TM)

El.	Hoja de Operaciones y Tiempos																																								Resumen				
	Ciclo (s)																																								ΣT	T Prom	Fd	TN	
A	2	3	2	3	2	2	4	3	3	4	2	3	2	4	2	3	3	4	2	4	3	2	2	3	2	4	3	2	2	3	3	2	3	3	4	2	2	3	3	4	112	2.8	1	2.8	
B	3	5	3	4	5	3	3	5	4	3	4	5	3	3	3	3	4	5	3	3	3	3	4	3	5	3	2	2	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	141	3.52	1	3.52	
C	4	4	5	4	6	4	4	4	5	3	4	5	4	5	4	5	6	4	4	5	6	3	5	4	4	3	3	5	5	4	3	3	3	4	5	4	4	4	5	4	170	4.25	1	4.25	
D	7	6	7	6	5	7	8	5	5	6	6	7	5	7	7	5	8	7	7	6	7	6	6	5	7	7	6	7	7	6	8	7	8	7	7	7	7	8	8	8	8	267	6.67	1	6.67
E	5	4	5	6	5	5	5	6	5	6	6	5	7	5	5	6	6	5	5	7	6	4	5	4	5	8	7	6	5	4	5	6	4	5	6	5	5	4	5	4	212	5.3	1	5.3	
F	5	4	6	5	6	5	8	7	7	6	7	6	5	7	5	5	6	5	5	5	6	5	6	5	5	7	6	7	5	7	6	5	6	7	7	5	6	7	5	5	233	5.82	1	5.82	
G	2	2	3	4	3	2	3	4	3	4	4	5	2	3	2	4	3	4	2	2	4	3	4	3	2	4	3	3	2	3	4	5	3	3	2	2	5	3	2	3	124	3.1	1	3.1	
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%															TN (s)				31.48																										
S. Variables: S. trab. de pie 2% + S. postura anormal (inclinada) 2% + Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 9%															TE (s)				40.29																										
Total Suplemento = 18%															TE (min)				0.67																										

- **Rebordeado**

Tabla 71 Hoja de operaciones y tiempos – Rebordeado (TM)

Hoja de Operaciones y Tiempos																														Resumen														
El.	Ciclo (s)																													ΣT	T Prom	Fd	TN											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29					30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
A	4	3	2	3	2	4	4	3	3	2	2	4	2	4	2	2	3	4	2	2	3	2	2	3	2	4	3	2	2	3	3	2	3	4	4	2	2	3	3	4	113	2.825	1	2.83
B	5	5	4	4	5	5	3	5	4	4	4	5	3	3	3	4	4	5	3	4	3	3	3	4	3	5	3	2	2	3	3	4	4	5	3	3	4	4	4	4	151	3.775	1	3.78
C	2	4	3	4	6	2	4	4	5	3	4	2	4	5	4	3	6	2	4	3	6	3	5	4	4	2	3	5	5	4	3	3	3	2	5	4	4	3	5	4	151	3.775	1	3.78
D	8	6	7	6	5	8	8	5	5	7	6	8	5	7	7	7	8	8	7	7	7	6	6	5	7	8	6	7	7	6	8	7	8	8	7	7	8	8	8	8	277	6.925	1	6.93
E	5	4	5	6	5	5	5	6	5	5	6	5	7	5	5	5	6	5	5	6	4	5	4	5	5	7	6	5	4	5	6	4	5	6	5	5	4	5	4	205	5.125	1	5.13	
F	3	4	4	5	6	3	8	7	7	4	7	3	5	7	5	4	6	3	5	4	6	5	6	5	3	6	7	5	7	6	5	6	3	7	5	6	6	5	5	209	5.225	1	5.23	
G	3	2	3	4	3	3	3	4	3	3	4	3	2	3	2	3	3	3	2	3	4	3	4	3	2	3	3	2	3	4	5	3	3	2	2	5	3	2	3	121	3.025	1	3.03	
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%																													TN (s)		30.68													
S. Variables: S. trab. de pie 2% + S. postura anormal (inclinada) 2% + Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 9%																													TE (s)		36.20													
Total Suplemento = 18%																													TE (min)		0.60													

- **Perforado de ventana y compuerta**

Tabla 72 Hoja de operaciones y tiempos – Perforado de ventana y compuerta (TM)

Hoja de Operaciones y Tiempos																														Resumen													
El.	Ciclo (s)																													ΣT	T Prom	Fd	TN										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29					30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
A	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	3	4	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	108	2.70	1	2.70	
B	3	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	3	2	3	2	99	2.48	1	2.48	
C	4	3	5	3	4	5	3	6	3	6	5	6	5	5	3	4	4	5	3	4	4	3	5	3	4	4	5	5	3	4	3	4	5	3	4	3	4	3	162	4.05	1	4.05	
D	9	6	8	8	7	9	6	9	8	9	9	8	9	6	7	7	8	6	8	7	6	9	6	8	8	9	7	8	9	6	9	8	7	8	6	7	6	9	6	305	7.63	1	7.63
E	6	5	5	4	6	6	5	5	4	6	6	5	5	7	5	6	5	5	5	7	6	5	6	5	5	4	6	6	5	6	5	6	4	6	5	5	6	5	215	5.38	1	5.38	
F	5	3	4	2	5	3	3	4	2	5	3	4	4	5	3	5	3	4	3	4	5	3	5	3	4	2	5	5	4	3	3	5	2	5	4	3	5	3	151	3.78	1	3.78	
G	3	2	3	2	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	96	2.40	1	2.40	
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%																													TN (s)		28.40												
S. Variables: S. trabajo de pie 2% + Concentración intensa (trabajo preciso) 2% + Ruido (intermitente y fuerte) 2% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 7%																													TE (s)		32.94												
Total Suplemento = 16%																													TE (min)		0.55												

- Perforado tubo de seguridad

Tabla 75 Hoja de operaciones y tiempos – Perforado tubo de seguridad (TM)

Hoja de Operaciones y Tiempos																																																														
El.	Ciclo (s)																																																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		
A	1	2	2	1	2	1	2	3	2	3	2	2	3	4	1	2	2	2	1	2	1	2	3	2	1	3	2	2	2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	2	1	2	1	3	2	2	2	3	1	2	1	3	2	2	3	1	2	2	2	1	1		
B	2	2	1	1	2	2	2	3	1	4	2	2	4	3	2	2	2	1	3	2	2	1	4	2	2	4	2	1	2	2	1	2	4	2	1	3	2	2	1	2	2	1	2	2	3	1	2	1	3	2	2	2	3	2	1	3	2	2	2	1	2	2
C	3	3	3	3	2	3	4	4	3	3	3	2	3	4	3	3	4	3	4	2	3	3	3	4	3	3	4	3	2	3	3	2	3	4	3	4	3	4	3	3	2	3	4	3	3	3	4	3	2	3	4	3	3	4	3	2	4	3	3	3		
D	5	4	5	5	5	4	5	3	5	4	4	5	4	3	4	4	5	5	6	5	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	3	4	5	5	5	5	4	3	5	4	5	3	5	5	4	3	4	5	3	5	5	5	5	5	4			
E	3	2	2	2	3	3	4	5	2	5	2	3	5	6	3	2	4	2	4	3	3	2	5	4	3	5	4	2	3	3	2	3	5	4	2	5	2	4	2	3	3	3	5	2	2	2	5	3	3	3	5	2	2	5	3	3	4	2	3	3		
F	2	2	1	1	4	2	1	3	1	2	2	4	2	3	2	2	1	1	1	4	2	1	2	1	2	2	1	1	4	2	1	4	2	1	1	3	2	1	1	2	4	2	3	1	2	1	3	2	4	2	3	2	1	3	2	4	1	1	2	2		
G	2	1	2	2	2	1	3	2	2	1	1	2	1	2	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	2	1	3	2	2	1	2	2	1	3	2	2	1	3	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1
S. Constantes: S. Necesidades personales 5% + S. base por fatiga 4% = 9%																																																														
S. Variables: Concentración intensa (trab. preciso) 2% + Ruido (fuerte) 2% + Tensión mental (proceso bastante complejo) 1% + Monotonía (bastante monótono) 1% = 6%																																																														
Total Suplemento = 15%																																																														

Continuación Tabla 75 Hoja de operaciones y tiempos – Perforado tubo de seguridad (TM)

Resumen				
Elem.	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
A	118	1.97	1	1.97
B	125	2.08	1	2.08
C	187	3.12	1	3.12
D	269	4.48	1	4.48
E	194	3.23	1	3.23
F	122	2.03	1	2.03
G	108	1.80	1	1.80
TN (s)				18.72
TE (s)				21.52
TE (min)				0.36

Análisis e interpretación de resultados

Una vez realizado el estudio de tiempos para los procesos de conformado de la caja metálica bifásica 300*200*100 se resumen los datos calculados en la tabla 82 como se muestra a continuación:

Tabla 82 Resumen de tiempos estándar de los procesos de conformado

Resumen Tiempo de Ciclo de los procesos de conformado						
N.	Nombre	Proceso	Tiempo Normal (s)	Suplementos (%)	Tiempo Estándar (s)	Tiempo Estándar (min)
1	Base Metálica	Embutido	38.55	18	45.48	0.75
2		Corte de Exceso	34.20	18	40.36	0.67
3		Perforado general	30.03	18	35.43	0.59
4		Perforado lateral y frontal	34.63	18	40.86	0.68
5		Estampado de trazabilidad	19.82	15	22.99	0.38
6		Troquelado aireadores	26.08	15	30.00	0.50
7	Ángulo de Seguridad	Cortado, perforado y doblado	15.55	14	17.73	0.30
8	Riel	Doblado de forma	12.28	14	14.00	0.23
9	Monofásico	Perforado	11.87	14	13.53	0.23
10	Rejilla	Perforado general	16.88	14	19.25	0.32
11	Metálica	Doble	15.37	14	17.52	0.29
12	Tapa Metálica	Embutido	34.83	18	41.09	0.68
13		Corte de exceso	31.48	18	40.29	0.67
14		Rebordeado	30.68	18	36.20	0.60
15		Perforado de ventana y compuerta	28.40	16	32.94	0.55
16		Estampado de logo EM	18.38	15	21.14	0.35
17		Estampado logo cliente	19.65	15	22.60	0.38
18		Perforado tubo de seguridad	18.72	15	21.52	0.36
19	Compuerta	Troquelado de forma	12.02	14	13.70	0.23
20	Metálica	Doblado	10.88	14	12.40	0.21
21	Tubo de	Doblado	9.14	14	10.42	0.17
22	Seguridad	Perforado	11.26	14	12.84	0.21
23	Ángulo de	Troquelado de forma	10.83	14	12.35	0.21
24	Compuerta	Doblado	9.14	14	10.42	0.17

Determinado el tiempo estándar para los diferentes procesos de conformado se opta por conocer el volumen de productos que puede generar el área en el tiempo disponible de producción. Se sabe que la empresa trabaja en un horario de 8:00 am – 4.30 pm considerando 30 minutos para el almuerzo de cada trabajador, por lo tanto, dispone de 8 horas de jornada para el desempeño sus labores ya sea de preparación de maquinaria o de producción.

Cálculo de capacidad de producción (Cp) de los procesos de conformado

La capacidad de producción permite conocer en forma teórica la cantidad de componentes que se pueden procesar en un determinado tiempo. Para empezar, se transforma de minutos a horas con la ecuación (6), ya que el cálculo de la capacidad se genera para la jornada de trabajo.

$$Tiempo\ estándar = Tiempo\ estándar \frac{min}{unidad} * \frac{1\ hora}{60\ min} \quad (6)$$

$$Ts = 0.75 \frac{min}{unidad} * \frac{1\ hora}{60\ min}$$

$$Ts = 0.013 \frac{hora}{unidad}$$

Seguidamente se procede a realizar el cálculo de la capacidad de producción con la ecuación (7), donde TDP: Tiempo Disponible de Producción.

$$Cp = \frac{1}{Ts} * TDP \quad (7)$$

$$Cp = \frac{1}{0.0125 \frac{h}{unidad}} * 8 \frac{h}{día}$$

$$Cp = 640 \frac{unidades}{día}$$

En la tabla 83 se muestra el valor de capacidad de producción para los procesos de conformado estudiados considerando las 8 horas de jornada laborables.

Tabla 83 Cálculo de capacidad de producción de los procesos de conformado

N.	Nombre	Proceso	TS (min)	TS (h)	Cp (unidades/día)
1	Base Metálica	Embutido	0.75	0.0125	640
2		Corte de Exceso	0.67	0.0112	714
3		Perforado general	0.59	0.0098	816
4		Perforado lateral y frontal	0.68	0.0113	708
5		Estampado de trazabilidad	0.38	0.0063	1270
6		Troquelado aireadores	0.50	0.0083	964
7	Ángulo de Seguridad	Cortado, perforado y doblado	0.30	0.0050	1600
8	Riel Monofásico	Doblado de forma	0.23	0.0038	2105
9		Perforado	0.23	0.0038	2105
10	Rejilla Metálica	Perforado general	0.32	0.0053	1509
11		Doblez	0.29	0.0048	1667
12	Tapa Metálica	Embutido	0.68	0.0113	708
13		Corte de exceso	0.67	0.0112	714
14		Rebordeado	0.60	0.0100	800
15		Perforado de ventana y compuerta	0.55	0.0092	870
16		Estampado de logo EM	0.35	0.0058	1379
17		Estampado logo cliente	0.38	0.0063	1270
18		Perforado tubo de seguridad	0.36	0.0060	1333
19	Compuerta Metálica	Troquelado de forma	0.23	0.0038	2105
20		Doblado	0.21	0.0035	2286
21	Tubo de Seguridad	Doblado	0.17	0.0028	2857
22		Perforado	0.21	0.0035	2286
23	Ángulo de Compuerta	Troquelado de forma	0.21	0.0035	2286
24		Doblado	0.17	0.0028	2857

La capacidad diaria de producción de los elementos de la caja metálica bifásica 300 * 200 * 100 marco plástico EESA es de 640 Bases metálicas, 1600 Ángulo de seguridad, 2105 Riel monofásico, 1509 Rejillas metálicas, 708 Tapas metálicas, 2105 Compuerta metálica, 2286 Tubo de seguridad y 2286 Ángulo de compuerta, debido a que existen procesos con mayor tiempo de producción restringiendo la capacidad de producción de los diversos componentes.

Mapa de flujo de valor

Para la realización del VSM se debe identificar muy bien el producto a ser mapeado mediante un estudio de tiempos previo generado en los procesos de conformado y en el cambio de matriz el cual permitió obtener los tiempos de ciclos de cada uno de las operaciones, además se requiere información acerca del número de trabajadores que intervienen en el desarrollo del producto, inventario y número de tamaño de lote, en este caso se consideró 300 unidades de acuerdo a la fabricación de los reporte de producción ya que el estudio se centra en la influencia que tienen los pedidos de bajo volumen o tamaño de lote pequeño.

Obtenida la información se empieza diagramando el estado actual de los procesos de conformado de derecha a izquierda en el orden que se procesan, cabe destacar que existen procesos que se ejecutan en paralelo y por lo tanto se los ubica una a bajo de otra por lo cual al momento de sumar para determinar el tiempo de procesamiento se toma el de mayor ciclo porque es la que preside el trabajo. Por otro lado, se muestra una línea de tiempo en la parte inferior en donde se identifica cuales están agregando valor como tiempos de ciclo de operación y cuales no agregan valor como el inventario, para su cálculo en días se divide la cantidad de cada inventario entre la cantidad diaria requerida por el cliente, en este caso se conoce que la cantidad vendida o demandada es de 13487 unidades en el periodo enero-junio 2019, conociendo que la empresa labora 20 días al mes se establece que la demanda diaria equivale a 112 unidades al día.

Seguidamente se procede a detectar de manera global los desperdicios existentes dentro del proceso de cambio de matriz tradicional mediante la ubicación de las explosiones Kaisen indicando acciones concretas a seguir para mejorar. Además, se visualiza todos los datos que intervienen en el flujo de materiales hasta llegar a la siguiente área o cliente.

A continuación, se presenta el VSM actual de la base metálica bifásica 300 x 200 x 80 y la tapa metálica 300 x 200 x 20 con el propósito de mostrar de manera visible los desperdicios e indicar las necesidades de mejorar el proceso.

VSM ACTUAL : Base Metálica Bifásica 300 x 200 x 80

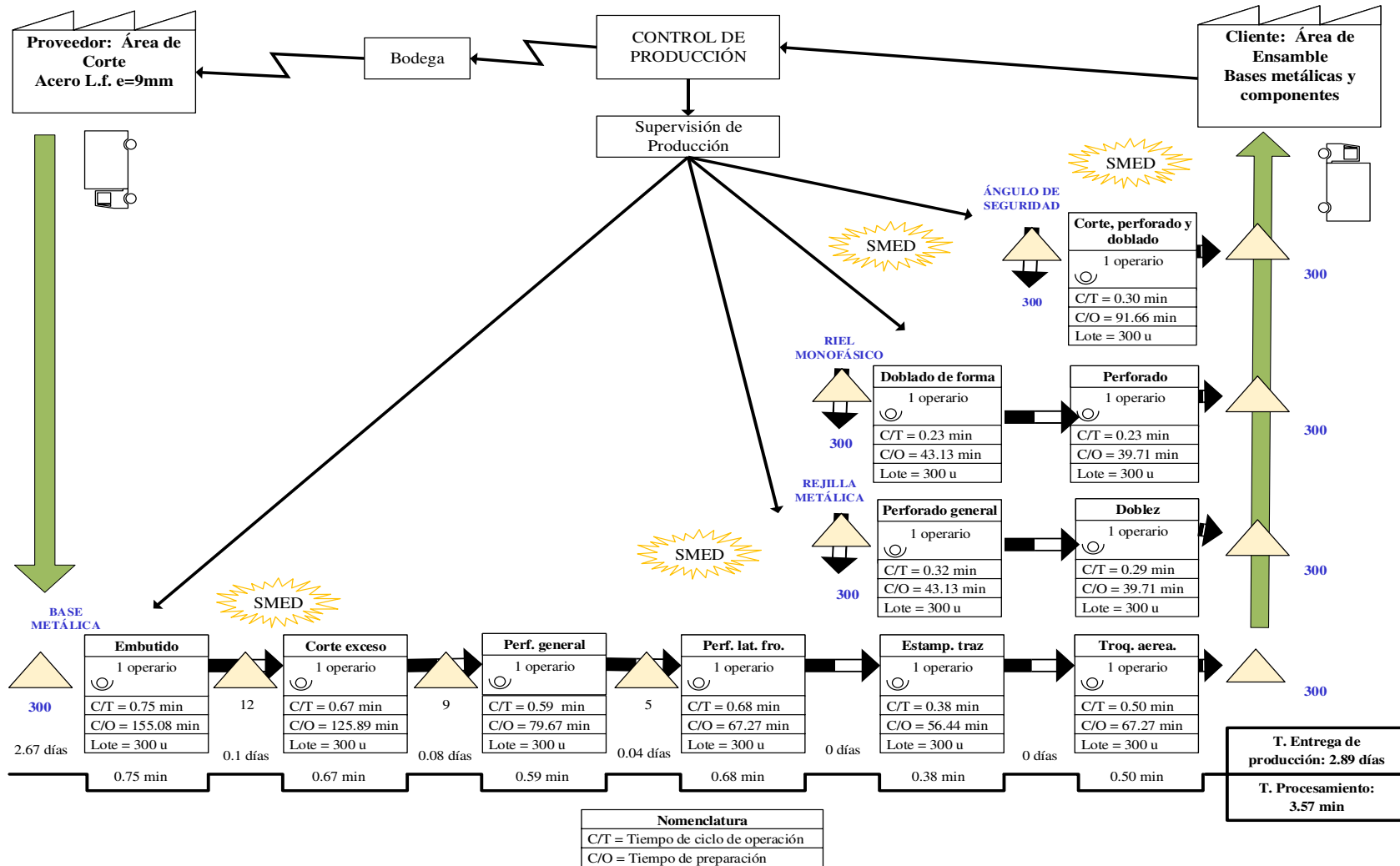


Fig. 18 VSM Actual de los procesos de conformado de la BM

VSM ACTUAL : Tapa Metálica Bifásica 300 x 200 x 20

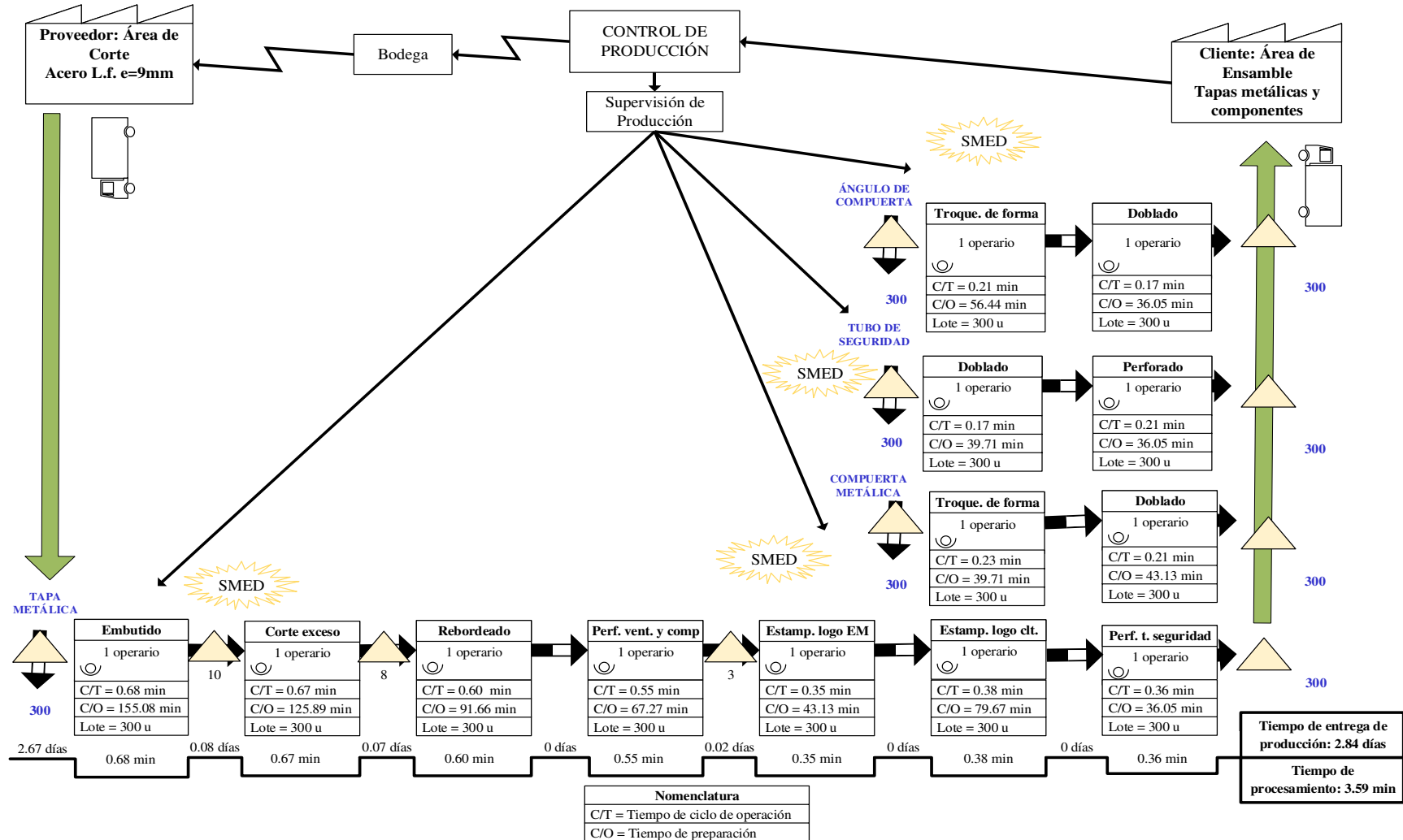


Fig. 19 VSM Actual de los procesos de conformado de la TM

Análisis de los tiempos de preparación en los tiempos de ciclo

Muestra el análisis de la influencia que tiene el tiempo de preparación en el tiempo de ciclo estándar de la operación, ya que se puede observar en los Mapas des Flujo de Valor que existe evidentemente tiempos elevados en los procesos de cambio de matriz o preparación de máquina, especialmente en aquellas que se requieren para el cambio de lote.

Se calcula a continuación los tiempos totales de las operaciones a través de la ecuación (8) establecida a continuación.

$$\text{Tiempo total de operación} = \frac{\text{T.de preparación}}{\text{Tamaño de lote}} + \text{T. ciclo de operación} \quad (8)$$

$$\text{Tiempo total de operación} = \frac{155.08 \text{ min}}{300 \text{ unidades}} + 0.75 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

$$\text{Tiempo total de operación} = 1.27 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

En la tabla 84 se observa la influencia del tiempo de preparación en el tiempo de ciclo estándar.

Tabla 84 Influencia del tiempo de preparación en el tiempo de ciclo estándar

N.	Nombre	Proceso	Tiempo de Preparación (min)	Tamaño de lote (unidades)	Ciclo de operación (min/unidad)	Tiempo total de operación (min/unidad)	Tiempo total de operación (h/unidad)	Cp (unidades/día)
1	Base Metálica	Embutido	155.08	300	0.75	1.27	0.0211	379
2		Corte de Exceso	125.89	300	0.67	1.09	0.0182	441
3		Perforado general	79.67	300	0.59	0.86	0.0143	561
4		Perforado lateral y frontal	67.27	300	0.68	0.90	0.0151	531
5		Estampado de trazabilidad	56.44	300	0.38	0.57	0.0095	845
6		Troquelado aireadores	67.27	300	0.5	0.72	0.0121	663
7	Ángulo de Seguridad	Cortado, perforado y doblado	91.66	300	0.3	0.61	0.0101	793
8	Riel	Doblado de forma	43.13	300	0.23	0.37	0.0062	1284
9	Monofásico	Perforado	39.71	300	0.23	0.36	0.0060	1325
10	Rejilla	Perforado general	43.13	300	0.32	0.46	0.0077	1035
11	Metálica	Doblez	39.71	300	0.29	0.42	0.0070	1136
12	Tapa Metálica	Embutido	155.08	300	0.68	1.20	0.0199	401
13		Corte de exceso	125.89	300	0.67	1.09	0.0182	441
14		Rebordeado	91.66	300	0.6	0.91	0.0151	530
15		Perforado de ventana y compuerta	67.27	300	0.55	0.77	0.0129	620
16		Estampado de logo EM	43.13	300	0.35	0.49	0.0082	972
17		Estampado logo cliente	79.67	300	0.38	0.65	0.0108	744
18	Perforado tubo de seguridad	36.05	300	0.36	0.48	0.0080	1000	
19	Compuerta	Troquelado de forma	39.71	300	0.23	0.36	0.0060	1325
20	Metálica	Doblado	43.13	300	0.21	0.35	0.0059	1357
21	Tubo de	Doblado	39.71	300	0.17	0.30	0.0050	1587
22	Seguridad	Perforado	36.05	300	0.21	0.33	0.0055	1454
23	Ángulo de	Troquelado de forma	56.44	300	0.21	0.40	0.0066	1206
24	Compuerta	Doblado	36.05	300	0.17	0.29	0.0048	1654

En la figura 20 se muestra la variación que existe entre el tiempo estándar de cada operación vs el tiempo total que se obtiene al sumarle los tiempos de preparación en minutos/ unidad.

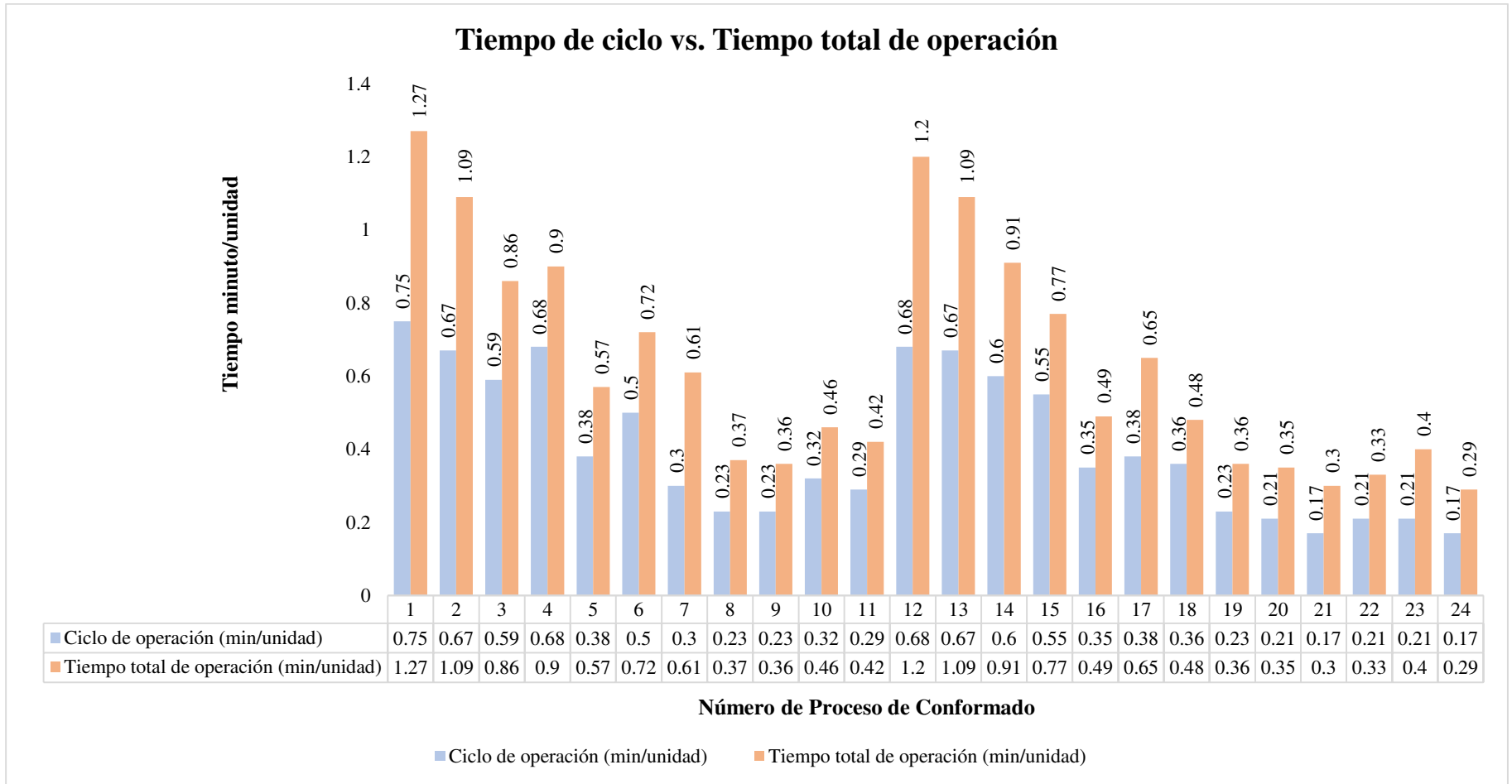


Fig. 20 Tiempo de ciclo vs. Tiempo total de operación

Análisis de la capacidad de producción con los tiempos de preparación

La capacidad de producción tiende a variar de la misma manera debido a que los tiempos de ciclo y total de operación están relacionados directamente con esta variable. Se estable una tabla que muestre la variación que se crea en la capacidad de producción en los procesos de conformado, para el cálculo de esta variación se considera la ecuación (9).

$$\Delta Cp = (Cp_2 - Cp_1) \quad (9)$$

$$\Delta Cp = (379 - 640)$$

$$\Delta Cp = - 261 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

Donde;

ΔCp = Variación de la capacidad de producción

Cp_2 = Capacidad de producción calculada con el tiempo total de operación

Cp_1 = Capacidad de producción calculada con el tiempo de ciclo de operación.

La variación de la capacidad de producción es negativa, ya que estos valores representan a las unidades que no se están produciendo en una jornada de trabajo debido al gran impacto que tiene el tiempo de preparación de maquinaria o Set Up con respecto a los tiempos de ciclos de los procesos.

A continuación, en la tabla 85 se mira la variación del cálculo de la capacidad de producción con tiempos de preparación hallados con anterioridad.

Tabla 85 Variación de capacidad de producción

N.	Nombre	Proceso	Cp_1 (unidades/día)	Cp_2 (unidades/día)	ΔCp (unidades/día)
1	Base Metálica	Embutido	640	379	-261
2		Corte de Exceso	714	441	-273
3		Perforado general	816	561	-255
4		Perforado lateral y frontal	708	531	-177
5		Estampado de trazabilidad	1270	845	-425
6		Troquelado aireadores	964	663	-301
7	Ángulo de Seguridad	Cortado, perforado y doblado	1600	793	-807
8	Riel Monofásico	Doblado de forma	2105	1284	-821
9		Perforado	2105	1325	-780
10	Rejilla Metálica	Perforado general	1509	1035	-474
11		Doble	1667	1136	-531
12	Tapa Metálica	Embutido	708	401	-307
13		Corte de exceso	714	441	-273
14		Rebordeado	800	530	-270
15		Perforado de ventana y compuerta	870	620	-250
16		Estampado de logo EM	1379	972	-407
17		Estampado logo cliente	1270	744	-526
18		Perforado tubo de seguridad	1333	1000	-333
19	Compuerta Metálica	Troquelado de forma	2105	1325	-780
20		Doblado	2286	1357	-619
21	Tubo de Seguridad	Doblado	2857	1587	-809
22		Perforado	2286	1454	-546
23	Ángulo de	Troquelado de forma	2286	1206	-661
24	Compuerta	Doblado	2857	1654	-745

Se puede notar que la capacidad de producción es influenciada evidentemente por el tiempo de preparación de la maquinaria, dado que para el caso de la investigación se obtiene primeramente una Cp_1 del embutido con 640 unidades/día calculada sin considerar el valor de Set Up, mientras que la Cp_2 fue hallada considerando la influencia que tiene el tiempo de preparación en el tiempo de ciclo estándar de la operación, dando un valor de 379 unidades/día. Esto quiere decir que se presenta una ΔCp de -261 unidades/día. Se menciona este proceso debido a que es el que requiere mayor tiempo para su fabricación y por lo tanto se muestra como el cuello de botella y va a marcar el resto del proceso.

En la figura 21 se muestra la variación de la capacidad de producción que tiende a bajar debido a que la operación requiere más tiempo, por lo que se puede decir que el tiempo ciclo de la operación es inversamente proporcional a la capacidad de producción.

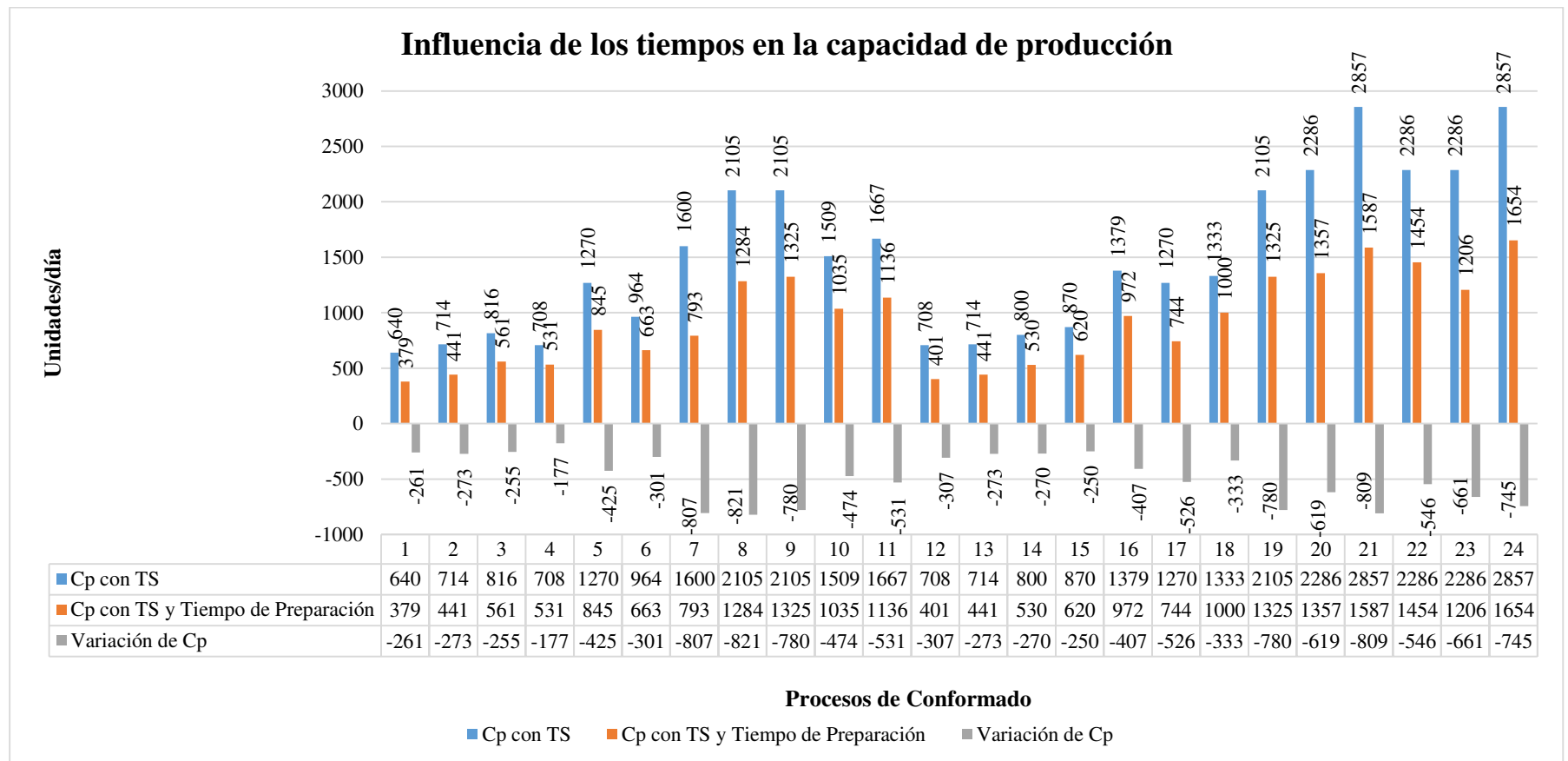


Fig. 21 Influencia de los tiempos en la capacidad de producción

Aplicación de la metodología SMED

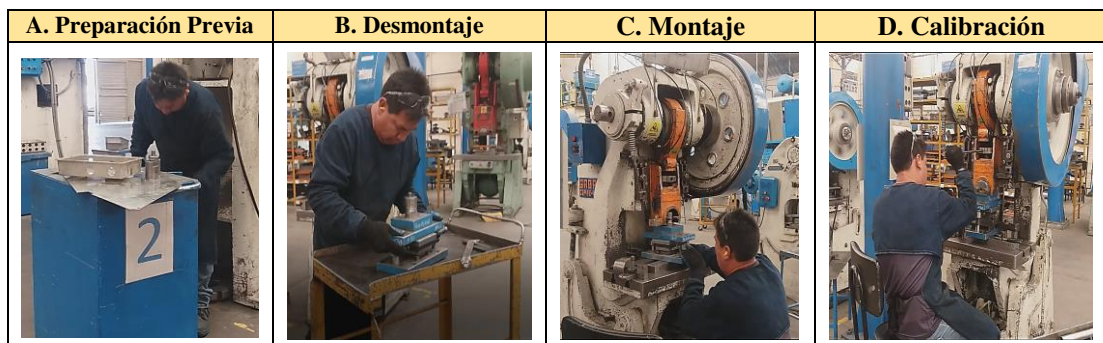
El mapeo ayuda a ver y entender el flujo del material y la información conforme el producto atraviesa la cadena de valor. En el proceso de cambio de matriz se evidencia diferentes desperdicios; en donde, sobresale los tiempos de preparación para los lotes de producción y de máquina; es por ello que se propone disminuir estos tiempos improductivos a través de la metodología SMED para obtener una mejor flexibilidad en la producción. Por lo tanto, se procede a aplicar los diferentes pasos de la herramienta operativa como se muestra a continuación:

ETAPA PRELIMINAR: Estudio de la operación de cambio

Para la elaboración de esta etapa se requiere identificar un análisis detallado de las operaciones existentes en el cambio de matriz de las máquinas en donde fue indispensable apoyarse en herramientas como:

- **Fotografías y Videos:** Para determinar con mayor precisión las actividades que se realizan en un cambio de matrices del área de conformado, se decidió realizar varios videos y fotografías de todo el proceso, las cuales se realizaron sin cortes ni ediciones, para de esta manera poder registrar todos los detalles de lo que el operador realiza, permitiendo al analizador organizar la información y tomar el tiempo de cada una de las actividades generadas en el cambio de matriz. En la tabla 86 se puede observar un ejemplo.

Tabla 86 Capturas de filmación para ejemplo cambio de matriz



- **Entrevista:** Esta herramienta va dirigida hacia el líder del área ya que debido a su experiencia puede informar y aportar mayores ideas con respecto al estudio de la operación de cambio de matriz con lo que el considere importante o mejorable. En el Anexo 5 se presenta el modelo de entrevista a usar con las respectivas respuestas proporcionadas por el trabajador.

Análisis de resultados obtenidos de la entrevista:

Mediante lo mencionado por parte del líder del área se pudo recoger algunas recomendaciones que ayudan al desarrollo del presente trabajo como:

1. Los coches de herramientas deben ser adecuados de acuerdo a las maquinarias que se vayan a realizar el cambio de matriz, ya que de esta manera se podrá reducir el tiempo de búsqueda de las mismas.
 2. Se sugiere el incremento de herramientas mencionadas por el operador para facilitar su disponibilidad en el proceso de cambio y que no existan inconvenientes con otros trabajadores que requieran también del elemento.
 3. El personal que labora en el área se debe interesar más por aprender y capacitarse en todo lo que conlleva en proceso para un mejor aprovechamiento del tiempo y del desempeño de su trabajo.
- **Análisis con cronómetro:** Se considera el estudio de tiempos y movimientos presentados en el cursograma analítico de las tablas 27 - 35 y el cálculo de tiempo estándar mostrado en las tablas 38 - 56 ya que se requiere conocer la situación actual en la que se están efectuando los cambios de matrices de los procesos de conformado para las Cajas metálicas bifásicas 300*200*100.

ETAPA UNO: Separar las actividades internas y externas

Es clave la diferenciación entre la preparación interna que se realizan cuando la máquina no está operando y las actividades externas que se realizan cuando la máquina está produciendo, para el desarrollo de esta etapa se utilizará la siguiente nomenclatura:

INT = Actividades Internas

EXT = Actividades Externas


A continuación, se muestra la tabla 87 la cual consta de un ejemplo de lista de comprobación para la máquina 3PH100 con todas las herramientas y pasos necesarios en el desarrollo del cambio de matriz en donde el operador a cargo de hacer el cambio de matriz programada debe verificar que se cumpla todos los puntos de la hoja de comprobación para que así no se omita alguna actividad o no se emplee las herramientas correctas al preparar la máquina.

Seguidamente se presenta las tablas 88 a la 96 en donde se define la clasificación de las actividades realizadas durante el Set Up ya sea que estas se realicen con la máquina en marcha o no.

Se considera el suplemento y factor de desempeño analizado anteriormente en el cálculo de tiempo estándar para procesos de cambio de matriz.

Además, se tiene presente la estructura de referencia del área de conformado que será utilizado como conocimiento sobre la distribución de los elementos como máquinas, estantes, coches de herramientas, etc. dentro del diseño para lo cual se estable el Anexo 6.

Tabla 87 Ejemplo de hoja de comprobación para máquina 3PH100

		HOJA DE COMPROBACIÓN	
		Área: CONFORMADO	
Hoja N° :	1	Máquina:	3PH100
Operario a cargo:	-	Operación:	Cambio de matriz
HERRAMIENTAS		ACTIVIDADES	
Llave mixta 3/4 " <input type="checkbox"/> Llave mixta 5/8 " <input checked="" type="checkbox"/> Llave mixta 20 MM <input type="checkbox"/> Llave mixta 15/16 " <input checked="" type="checkbox"/> Llave mixta 23 MM <input type="checkbox"/> Llave corona 20 -22 MM <input checked="" type="checkbox"/> Llave mixta 1 " <input type="checkbox"/> Llave mixta 28 MM <input checked="" type="checkbox"/> Llave mixta 1 1/8 " <input type="checkbox"/> Llave mixta 32 MM <input type="checkbox"/> Llave mixta 1 1/4 " <input checked="" type="checkbox"/> Llave mixta 24 MM <input checked="" type="checkbox"/> Llave mixta 30 MM <input type="checkbox"/> Llave mixta 33 MM <input type="checkbox"/> Llave mixta 13/16 " <input checked="" type="checkbox"/> Llave mixta 21 MM <input type="checkbox"/> Llave mixta 13/16 " <input type="checkbox"/> Llave mixta 7/8 " <input type="checkbox"/> Llave mixta 15 - 16 MM <input type="checkbox"/> Llave rocha de dado 3/4 " <input type="checkbox"/> Llave boca 1 7/16 " <input type="checkbox"/> Llaves para carnero <input type="checkbox"/> Llaves para tambor <input type="checkbox"/> Bridas en "U" <input checked="" type="checkbox"/> Tuerca "T" <input checked="" type="checkbox"/> Pernos <input checked="" type="checkbox"/> Espárragos <input checked="" type="checkbox"/> Arandelas <input checked="" type="checkbox"/> Varilla metálica <input type="checkbox"/> Martillo de goma <input type="checkbox"/>		A. Preparación Previa 1. Verificación del estado actual de la máquina. <input checked="" type="checkbox"/> 2. Dirigirse al coche de herramientas más cerca. <input checked="" type="checkbox"/> 3. Revisar las herramientas que contiene <input checked="" type="checkbox"/> 4. Dirigirse a la máquina junto con el coche <input checked="" type="checkbox"/> B. Desmontaje Retiro de la matriz utilizada en el lote anterior. <input checked="" type="checkbox"/> C. Montaje Posicionamiento de nueva matriz a utilizar de acuerdo a orden de fabricación. <input checked="" type="checkbox"/> D. Calibración Pruebas de funcionamiento de maquinaria hasta que salga la primera pieza bien. <input checked="" type="checkbox"/>	
Elaborado por: Ana Domínguez		Aprobado por: Robin Briceño	

Máquina 3PH100

El desarrollo de todas las actividades se lo realiza con la prensa hidráulica parada, es decir sin que produzca ningún producto. En la tabla 88 se observa el tiempo total estándar de las actividades internas con un 155.08 min y 0 min para las actividades externas. Además, de un suplemento del 23% y un Factor de desempeño del 100%.

Tabla 88 Etapa uno SMED máquina 3PH100

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 23%	
Máquina: 3PH100		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	1.35	X	
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.28	X	
3	Revisar las herramientas que contiene	2.57	X	
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	2.13	X	
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción	20.01	X	
6	Retirar alzas	6.24	X	
7	Guardar piezas en coche de herramientas	2.44	X	
8	Solicitar el montacargas	2.05	X	
9	Espere del montacargas	2.83	X	
10	Traslado hacia el montacargas	1.56	X	
11	Escoger el montacargas	0.96	X	
12	Dirigirse a la máquina	2.78	X	
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	4.65	X	
14	Traslado al Estante	2.30	X	
15	Almacenar la matriz vieja	6.42	X	
C. Montaje				
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.51	X	
17	Cargar la matriz a usar	5.46	X	
18	Traslado a la máquina	1.97	X	
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	4.09	X	
20	Devolver montacargas a su puesto	3.61	X	
21	Selección de herramientas del coche	3.44	X	
22	Limpieza de matriz	2.55	X	
23	Colocación de alzas	4.95	X	
24	Ajuste bridas de sujeción	25.26	X	
D. Calibración				
25	Encendido de maquinaria	0.45	X	
26	Calibración del golpe	4.65	X	
27	Guardar herramientas en el coche	3.47	X	
28	Inspección y aprobación del líder de área	5.10	X	
TOTAL		126.08	126.08	0
TS (min)		155.08	155.08	0

Máquina 3PT150

Inicialmente las operaciones se hallan mezcladas y se realizan como si fueran internas, debido a que la prensa troqueladora no está en funcionamiento. En la tabla 89 se presenta el tiempo total estándar de las actividades internas con un 125.89 min y 0 min para las actividades externas. Además, de un suplemento del 28% y un Factor de desempeño del 100%.

Tabla 89 Etapa uno SMED máquina 3PT150

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 28%	
Máquina: 3PT150		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	1.30	X	
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.56	X	
3	Revisar las herramientas que contiene	2.13	X	
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.45	X	
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesas	11.47	X	
6	Retirar alzas	4.30	X	
7	Guardar piezas en coche de herramientas	2.08	X	
8	Solicitar el montacargas	1.79	X	
9	Espere del montacargas	2.70	X	
10	Traslado hacia el montacargas	1.96	X	
11	Escoger el montacargas	0.64	X	
12	Dirigirse a la máquina	2.67	X	
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.16	X	
14	Traslado al Estante	1.82	X	
15	Almacenar la matriz vieja	4.26		
C. Montaje				
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.53	X	
17	Cargar la matriz a usar	4.40	X	
18	Traslado a la máquina	1.03	X	
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.37	X	
20	Devolver montacargas a su puesto	3.12	X	
21	Selección de herramientas del coche	2.19	X	
22	Limpieza de matriz	1.88	X	
23	Colocación de alzas	4.40	X	
24	Ajuste bridas de sujeción	22.87	X	
D. Calibración				
25	Encendido de maquinaria	0.67	X	
26	Calibración del golpe	4.23	X	
27	Guardar herramientas en el coche	2.24	X	
28	Inspección y aprobación del líder de área	4.13	X	
TOTAL		98.35	98.35	0
TS (min)		125.89	125.89	0

Máquina TR-130

Todos los elementos para el cambio de matriz mostrados se efectúan con la prensa troqueladora no en marcha. En la tabla 90 se presenta el tiempo total estándar de las actividades internas con un 91.64 min y para las actividades externas 0 min. Además, de un suplemento del 27% y un Factor de desempeño del 100%.

Tabla 90 Etapa uno SMED máquina 3PT130

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 27%	
Máquina: 3TR-130		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	1.23	X	
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.32	X	
3	Revisar las herramientas que contiene	2.02	X	
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.00		
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesas	10.51	X	
6	Retirar alzas	2.57	X	
7	Guardar piezas en coche de herramientas	1.22	X	
8	Solicitar el montacargas	1.60	X	
9	Espera del montacargas	2.43	X	
10	Traslado hacia el montacargas	1.68	X	
11	Escoger el montacargas	0.74	X	
12	Dirigirse a la máquina	2.38	X	
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.40	X	
14	Traslado al Estante	1.65	X	
15	Almacenar la matriz vieja	3.36		
C. Montaje				
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.24	X	
17	Cargar la matriz a usar	2.51	X	
18	Traslado a la máquina	1.62	X	
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.22	X	
20	Devolver montacargas a su puesto	2.45	X	
21	Selección de herramientas del coche	2.25	X	
22	Limpieza de matriz	2.07	X	
23	Colocación de alzas	3.37	X	
24	Ajuste bridas de sujeción	11.46	X	
D. Calibración				
25	Encendido de maquinaria	0.60	X	
26	Calibración del golpe	2.42	X	
27	Guardar herramientas en el coche	1.35	X	
28	Inspección y aprobación del líder de área	1.49	X	
TOTAL		72.16	72.16	0
TS (min)		91.64	91.64	0

Máquina 3PT100

El desarrollo de todas las actividades se lo realiza con la prensa troqueladora parada, es decir sin que produzca ningún producto. En la tabla 91 se observa el tiempo total estándar de las actividades internas con un 79.65 min y 0 min para las actividades externas. Además, de un suplemento del 27% y un Factor de desempeño del 100%.

Tabla 91 Etapa uno SMED máquina 3PT100

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 27%	
Máquina: 3PT100		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.83	X	
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.22	X	
3	Revisar las herramientas que contiene	2.51	X	
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.47	X	
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	5.10	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	3.52	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.84	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	1.32	X	
9	Solicitar el montacargas	1.73	X	
10	España del montacargas	2.04	X	
11	Traslado hacia el montacargas	1.57	X	
12	Escoger el montacargas	0.78	X	
13	Dirigirse a la máquina	1.51	X	
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.79	X	
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	2.50	X	
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.74	X	
C. Montaje				
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.82	X	
18	Cargar la matriz a usar	2.61	X	
19	Traslado a la máquina	2.28	X	
20	Seleccionar las bases adecuadas	0.94	X	
21	Posicionar las bases en la máquina	0.61	X	
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	2.47	X	
23	Devolver montacargas a su puesto	2.17	X	
24	Selección de herramientas del coche	3.00	X	
25	Limpieza de matriz	0.80	X	
26	Colocación de alzas	1.92	X	
27	Ajuste bridas de sujeción	5.32	X	
D. Calibración				
28	Encendido de maquinaria	0.73	X	
29	Calibración del golpe	3.15	X	
30	Guardar herramientas en el coche	1.82	X	
31	Inspección y aprobación del líder de área	2.61	X	
TOTAL		62.72	62.72	
TS (min)		79.65	79.65	

Máquina 3PT80

Inicialmente las operaciones se hallan mezcladas y se realizan como si fueran internas, debido a que la prensa troqueladora no está en funcionamiento. En la tabla 92 se presenta el tiempo total estándar de las actividades internas con un 67.27 min y 0 min para las actividades externas. Además, de un suplemento del 26% y un Factor de desempeño del 100%.

Tabla 92 Etapa uno SMED máquina 3PT80

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 26%	
Máquina: 3PT80		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.66	X	
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.71	X	
3	Revisar las herramientas que contiene	2.12	X	
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.84	X	
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	4.89	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	2.72	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.83	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	1.53	X	
9	Solicitar el montacargas	1.54	X	
10	Espera del montacargas	1.59	X	
11	Traslado hacia el montacargas	1.09	X	
12	Escoger el montacargas	0.57	X	
13	Dirigirse a la máquina	1.33	X	
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.41	X	
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	1.16	X	
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.71	X	
C. Montaje				
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.68	X	
18	Cargar la matriz a usar	2.14	X	
19	Traslado a la máquina	1.53	X	
20	Seleccionar las bases adecuadas	0.86	X	
21	Posicionar las bases en la máquina	0.76	X	
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.60	X	
23	Devolver montacargas a su puesto	1.43	X	
24	Selección de herramientas del coche	2.49	X	
25	Limpieza de matriz	0.75	X	
26	Colocación de alzas	1.72	X	
27	Ajuste bridas de sujeción	4.29	X	
D. Calibración				
28	Encendido de maquinaria	0.74	X	
29	Calibración del golpe	2.58	X	
30	Guardar herramientas en el coche	1.53	X	
31	Inspección y aprobación del líder de área	2.59	X	
TOTAL		53.39	53.39	0
TS (min)		67.27	67.27	0

Máquina 3PT55

Todos los elementos para el cambio de matriz mostrados se efectúan con la prensa troqueladora no en marcha. En la tabla 93 se presenta el tiempo total estándar de las actividades internas con un 56.44 min y para las actividades externas 0 min. Además, de un suplemento del 26% y un Factor de desempeño del 100%.

Tabla 93 Etapa uno SMED máquina 3PT55

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 26%	
Máquina: 3PT55		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.43	X	
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.36	X	
3	Revisar las herramientas que contiene	2.08	X	
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.25	X	
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	4.21	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	2.53	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.73	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.84	X	
9	Solicitar el montacargas	1.07	X	
10	Espere del montacargas	1.24	X	
11	Traslado hacia el montacargas	1.35	X	
12	Escoger el montacargas	0.59	X	
13	Dirigirse a la máquina	1.36	X	
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.08	X	
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	1.44	X	
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.30	X	
C. Montaje				
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.55	X	
18	Cargar la matriz a usar	2.18	X	
19	Traslado a la máquina	1.25	X	
20	Seleccionar las bases adecuadas	0.69	X	
21	Posicionar las bases en la máquina	0.62	X	
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.29	X	
23	Devolver montacargas a su puesto	1.25	X	
24	Selección de herramientas del coche	2.07	X	
25	Limpieza de matriz	0.57	X	
26	Colocación de alzas	1.06	X	
27	Ajuste bridas de sujeción	4.36	X	
D. Calibración				
28	Encendido de maquinaria	0.53	X	
29	Calibración del golpe	1.43	X	
30	Guardar herramientas en el coche	1.04	X	
31	Inspección y aprobación del líder de área	2.04	X	
TOTAL		44.79	44.79	0
TS (min)		56.44	56.44	0

Máquina 3PT40-01

El desarrollo de todas las actividades se lo realiza con la prensa troqueladora parada, es decir sin que produzca ningún producto. En la tabla 94 se observa el tiempo total estándar de las actividades internas con un 43.13 min y 0 min para las actividades externas. Además, de un suplemento del 22% y un Factor de desempeño del 100%.

Tabla 94 Etapa uno SMED máquina 3PT40-01

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 22%	
Máquina: 3PT40-01		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.36	X	
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.35	X	
3	Revisar las herramientas que contiene	2.14	X	
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.30	X	
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.19	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	1.92	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.72	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.66	X	
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	1.21	X	
10	Escoger el coche de carga disponible.	0.85	X	
11	Ir a la máquina	0.89	X	
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.58	X	
13	Traslado matriz al estante	1.30	X	
14	Almacenar la matriz vieja	1.65	X	
C. Montaje				
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.54	X	
16	Cargar la matriz a usar	1.44	X	
17	Traslado a la máquina	1.35	X	
18	Seleccionar las bases adecuadas	0.47	X	
19	Posicionar las bases en la máquina	0.59	X	
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.75	X	
21	Devolver coche de carga a su puesto	1.57	X	
22	Selección de herramientas del coche	1.68	X	
23	Limpieza de matriz	0.36	X	
24	Colocación de alzas	1.08	X	
25	Ajuste bridas de sujeción	2.41	X	
D. Calibración				
26	Encendido de maquinaria	0.43	X	
27	Calibración del golpe	1.50	X	
28	Guardar herramientas en el coche	1.04	X	
29	Inspección y aprobación del líder de área	2.03	X	
TOTAL		35.36	35.36	0
TS (min)		43.13	43.13	0

Máquina 3PT35

Inicialmente las operaciones se hallan mezcladas y se realizan como si fueran internas, debido a que la prensa troqueladora no está en funcionamiento. En la tabla 95 se presenta el tiempo total estándar de las actividades internas con un 39.71 min y 0 min para las actividades externas. Además, de un suplemento del 22% y un Factor de desempeño del 100%.

Tabla 95 Etapa uno SMED máquina 3PT35

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 22%	
Máquina: 3PT35		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.27	X	
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.16	X	
3	Revisar las herramientas que contiene	1.46	X	
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.36	X	
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	1.92	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	1.84	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.76	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.58	X	
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	1.21	X	
10	Escoger el coche de carga disponible.	1.10	X	
11	Ir a la máquina	0.84	X	
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.69	X	
13	Traslado matriz al estante	1.14	X	
14	Almacenar la matriz vieja	1.21	X	
C. Montaje				
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.64	X	
16	Cargar la matriz a usar	1.47	X	
17	Traslado a la máquina	1.38	X	
18	Seleccionar las bases adecuadas	0.46	X	
19	Posicionar las bases en la máquina	0.48	X	
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.51	X	
21	Devolver coche de carga a su puesto	1.30	X	
22	Selección de herramientas del coche	1.61	X	
23	Limpieza de matriz	0.36	X	
24	Colocación de alzas	0.94	X	
25	Ajuste bridas de sujeción	2.16	X	
D. Calibración				
26	Encendido de maquinaria	0.43	X	
27	Calibración del golpe	1.26	X	
28	Guardar herramientas en el coche	1.06	X	
29	Inspección y aprobación del líder de área	1.95	X	
TOTAL		32.55	32.55	0
TS (min)		39.71	39.71	0

Máquina 3PT25

Todos los elementos para el cambio de matriz mostrados se efectúan con la prensa troqueladora no en marcha. En la tabla 96 se presenta el tiempo total estándar de las actividades internas con un 36.05 min y para las actividades externas 0 min. Además, de un suplemento del 22% y un Factor de desempeño del 100%.

Tabla 96 Etapa uno SMED máquina 3PT35

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 22%	
Máquina: 3PT25		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.29	X	
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.09	X	
3	Revisar las herramientas que contiene	2.06	X	
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	0.99	X	
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	1.50	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	1.46	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.55	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.66	X	
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	1.03	X	
10	Escoger el coche de carga disponible.	0.82	X	
11	Ir a la máquina	1.07	X	
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.64	X	
13	Traslado matriz al estante	1.04	X	
14	Almacenar la matriz vieja	1.13	X	
C. Montaje				
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.44	X	
16	Cargar la matriz a usar	1.14	X	
17	Traslado a la máquina	1.07	X	
18	Seleccionar las bases adecuadas	0.40	X	
19	Posicionar las bases en la máquina	0.56	X	
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.28	X	
21	Devolver coche de carga a su puesto	1.17	X	
22	Selección de herramientas del coche	1.38	X	
23	Limpieza de matriz	0.38	X	
24	Colocación de alzas	1.16	X	
25	Ajuste bridas de sujeción	1.78	X	
D. Calibración				
26	Encendido de maquinaria	0.34	X	
27	Calibración del golpe	1.11	X	
28	Guardar herramientas en el coche	1.12	X	
29	Inspección y aprobación del líder de área	1.89	X	
TOTAL		29.55	29.55	0
7TS (min)		36.05	36.05	0

Cuadro de análisis de separación de Actividades

El porcentaje representado en la tabla 97 corresponde en su totalidad a las actividades con la maquinaria apagada esto se da porque se pierde tiempo precioso durante actividades de transporte, las herramientas son entregadas después de que haya comenzado las actividades internas y están no se encuentran con facilidad.

Tabla 97 Análisis de las actividades internas y externas

Análisis de las actividades				
Máquina	INT.	%	EXT.	%
3PH100	155.08	100	0	0
3PT150	125.89	100	0	0
TR-130	91.64	100	0	0
3PT100	79.65	100	0	0
3PT80	67.27	100	0	0
3PT55	56.44	100	0	0
3PT40-01	43.13	100	0	0
3PT35	39.71	100	0	0
3PT25	36.05	100	0	0

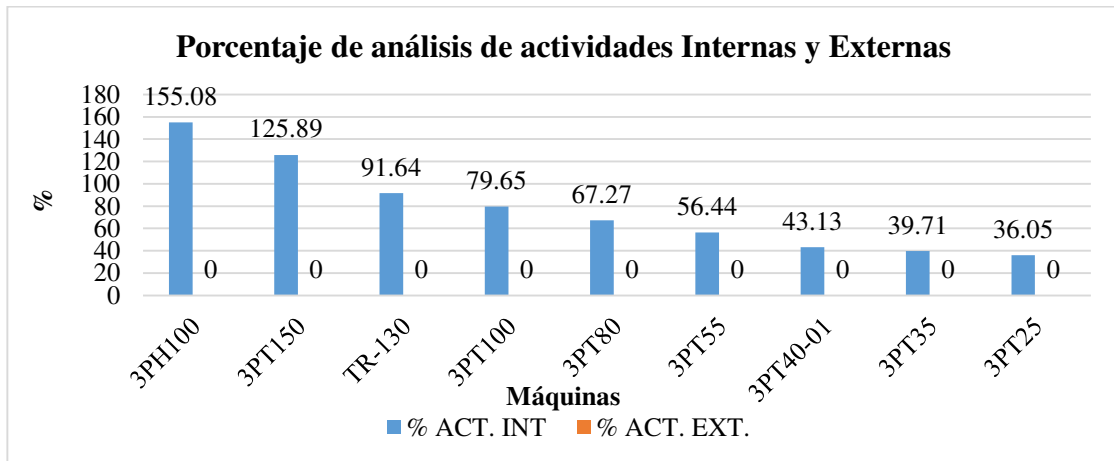


Fig. 22 Porcentaje de análisis de actividades internas y externas

Interpretación:

Se puede notar en la figura 22 que el mayor porcentaje representa a las actividades que se realizan con la máquina parada lo cual no es conveniente porque este tiempo no está agregando ningún tipo de valor al producto y crea desperdicios como las esperas.

ETAPA DOS: Convertir actividades internas en externas

Una vez especificadas las actividades que se realizan con la máquina parada y en marcha, se estudia la posibilidad de convertir las actividades internas en externas con el propósito de reducir el tiempo de cambio de matriz para los procesos de conformado y eliminar las actividades que son innecesarias durante el mismo. Se debe tener en cuenta que el tiempo que no se está produciendo es considerado también como aquel que no agrega valor y por lo tanto es un desperdicio que debe ser eliminado para ganar más tiempo productivo.

Es importante tomar en cuenta algunas consideraciones como: Reevaluar los pasos que se están siguiendo para determinar si erróneamente se los está considerando como operaciones internas, el mantenimiento de herramientas. Además de la eliminación de Ajustes o reducción de el mismo ya que refleja el tiempo total de preparación.

En esta etapa se requiere minuciosidad para extraer las actividades externas que equivocadamente son consideradas como internas mediante el cuestionamiento de: ¿esta actividad se podría hacer con la máquina en marcha?, de ser así esto se lo puede conseguir con la mejora de métodos o una simple modificación de la maquinaria o herramientas, siempre y cuando existan recursos disponibles en la empresa como:

- Finalización de preparaciones antes de iniciar con el cambio matriz.
- Utilización marcas visuales, en los coches de herramientas
- Eliminación de búsqueda de herramientas.

Se tiene que tener en cuenta que la manera y el cómo se van a convertir las actividades internas a externas se detalla en la Etapa tres debido que, para que los cambios sean posibles se requiere de técnicas que permitan el perfeccionamiento de las mismas y de esta manera reducir al máximo el tiempo de preparación de maquinaria.

Máquina 3PH100

En la tabla 98 se presenta el desglose de las actividades transformadas de internas a externas considerando cuales de las operaciones de la preparación previa de herramientas, desmontaje, montaje y calibración se las puede realizar mientras la máquina está en funcionamiento, en este caso las actividades internas suman un tiempo estándar total de 122.96 min mientras que las actividades externas muestran 32.12 min.

Tabla 98 Etapa dos SMED máquina 3PH100

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 23%	
Máquina: 3PH100		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	1.35		X
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.28		X
3	Revisar las herramientas que contiene	2.57		X
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	2.13		X
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción	20.01	X	
6	Retirar alzas	6.24	X	
7	Guardar piezas en coche de herramientas	2.44		X
8	Solicitar el montacargas	2.05		X
9	Espera del montacargas	2.83		X
10	Traslado hacia el montacargas	1.56		X
11	Escoger el montacargas	0.96		X
12	Dirigirse a la máquina	2.78		X
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	4.65	X	
14	Traslado al Estante	2.30	X	
15	Almacenar la matriz vieja	6.42	X	
C. Montaje				
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.51	X	
17	Cargar la matriz a usar	5.46	X	
18	Traslado a la máquina	1.97	X	
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	4.09	X	
20	Devolver montacargas a su puesto	3.61		X
21	Selección de herramientas del coche	3.44	X	
22	Limpieza de matriz	2.55		X
23	Colocación de alzas	4.95	X	
24	Ajuste bridas de sujeción	25.26	X	
D. Calibración				
25	Encendido de maquinaria	0.45	X	
26	Calibración del golpe	4.65	X	
27	Guardar herramientas en el coche	3.47	X	
28	Inspección y aprobación del líder de área	5.10	X	
TOTAL		126.08	99.97	26.11

Máquina 3PT150

En la tabla 99 se muestra las operaciones que fueron convertidas de internas a externas considerando cuales actividades se pueden realizar mientras la máquina está produciendo, en este caso las actividades internas reúnen un tiempo estándar total de 96.09 min mientras que las actividades externas muestran 29.80 min.

Tabla 99 Etapa dos SMED máquina 3PT150

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 28%	
Máquina: 3PT150		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	1.30		X
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.56		X
3	Revisar las herramientas que contiene	2.13		X
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.45		X
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesas	11.47	X	
6	Retirar alzas	4.30	X	
7	Guardar piezas en coche de herramientas	2.08		X
8	Solicitar el montacargas	1.79		X
9	Espera del montacargas	2.70		X
10	Traslado hacia el montacargas	1.96		X
11	Escoger el montacargas	0.64		X
12	Dirigirse a la máquina	2.67		X
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.16	X	
14	Traslado al Estante	1.82	X	
15	Almacenar la matriz vieja	4.26	X	
C. Montaje				
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.53	X	
17	Cargar la matriz a usar	4.40	X	
18	Traslado a la máquina	1.03	X	
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.37	X	
20	Devolver montacargas a su puesto	3.12		X
21	Selección de herramientas del coche	2.19	X	
22	Limpieza de matriz	1.88		X
23	Colocación de alzas	4.40	X	
24	Ajuste bridas de sujeción	22.87	X	
D. Calibración				
25	Encendido de maquinaria	0.67	X	
26	Calibración del golpe	4.23	X	
27	Guardar herramientas en el coche	2.24	X	
28	Inspección y aprobación del líder de área	4.13	X	
TOTAL		98.35	75.07	23.28
TS (min)		125.89	96.09	29.80

Máquina TR-130

En la tabla 100 se observa la clasificación de las actividades internas y externas teniendo en cuenta que, elementos se pueden generar mientras la máquina está laborando y cuáles no, en este caso las actividades internas recopilan un valor 66.07 min de tiempo estándar total por otro lado las actividades externas muestran 25.58 min.

Tabla 100 Etapa dos SMED máquina 3PT130

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 27%	
Máquina: 3TR-130		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	1.23		X
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.32		X
3	Revisar las herramientas que contiene	2.02		X
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.00		X
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesas	10.51	X	
6	Retirar alzas	2.57	X	
7	Guardar piezas en coche de herramientas	1.22		X
8	Solicitar el montacargas	1.60		X
9	Espera del montacargas	2.43		X
10	Traslado hacia el montacargas	1.68		X
11	Escoger el montacargas	0.74		X
12	Dirigirse a la máquina	2.38		X
13	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.40	X	
14	Traslado al Estante	1.65	X	
15	Almacenar la matriz vieja	3.36	X	
C. Montaje				
16	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.24	X	
17	Cargar la matriz a usar	2.51	X	
18	Traslado a la máquina	1.62	X	
19	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.22	X	
20	Devolver montacargas a su puesto	2.45		X
21	Selección de herramientas del coche	2.25	X	
22	Limpieza de matriz	2.07		X
23	Colocación de alzas	3.37	X	
24	Ajuste bridas de sujeción	11.46	X	
D. Calibración				
25	Encendido de maquinaria	0.60	X	
26	Calibración del golpe	2.42	X	
27	Guardar herramientas en el coche	1.35	X	
28	Inspección y aprobación del líder de área	1.49	X	
TOTAL		72.16	52.02	20.14
TS (min)		91.64	66.07	25.58

Máquina 3PT100

En la tabla 101 se presenta el desglose de las actividades transformadas de internas a externas considerando cuales de las operaciones de la preparación previa de herramientas, desmontaje, montaje y calibración se las puede realizar mientras la máquina está en funcionamiento, en este caso las actividades internas suman un tiempo estándar total de 53.05 min mientras que las actividades externas muestran 26.61 min.

Tabla 101 Etapa dos SMED máquina 3PT100

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 27%	
Máquina: 3PT100		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.83		X
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.22		X
3	Revisar las herramientas que contiene	2.51		X
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.47		X
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	5.10	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	3.52	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.84	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	1.32		X
9	Solicitar el montacargas	1.73		X
10	Espera del montacargas	2.04		X
11	Traslado hacia el montacargas	1.57		X
12	Escoger el montacargas	0.78		X
13	Dirigirse a la máquina	1.51		X
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.79	X	
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	2.50	X	
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.74	X	
C. Montaje				
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.82	X	
18	Cargar la matriz a usar	2.61	X	
19	Traslado a la máquina	2.28	X	
20	Seleccionar las bases adecuadas	0.94	X	
21	Posicionar las bases en la máquina	0.61	X	
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	2.47	X	
23	Devolver montacargas a su puesto	2.17		X
24	Selección de herramientas del coche	3.00		X
25	Limpieza de matriz	0.80		X
26	Colocación de alzas	1.92	X	
27	Ajuste bridas de sujeción	5.32	X	
D. Calibración				
28	Encendido de maquinaria	0.73	X	
29	Calibración del golpe	3.15	X	
30	Guardar herramientas en el coche	1.82	X	
31	Inspección y aprobación del líder de área	2.61	X	
TOTAL		62.72	41.77	20.95
TS (min)		79.65	53.05	26.61

Máquina 3PT80

En la tabla 102 se muestra las operaciones que fueron convertidas de internas a externas considerando cuales actividades se pueden realizar mientras la máquina está produciendo, en este caso las actividades internas reúnen un tiempo estándar total de 43.77 min mientras que las actividades externas muestran 23.50 min.

Tabla 102 Etapa dos SMED máquina 3PT80

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 26%	
Máquina: 3PT80		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.66		X
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.71		X
3	Revisar las herramientas que contiene	2.12		X
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.84		X
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	4.89	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	2.72	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.83	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	1.53		X
9	Solicitar el montacargas	1.54		X
10	España del montacargas	1.59		X
11	Traslado hacia el montacargas	1.09		X
12	Escoger el montacargas	0.57		X
13	Dirigirse a la máquina	1.33		X
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.41	X	
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	1.16	X	
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.71	X	
C. Montaje				
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.68	X	
18	Cargar la matriz a usar	2.14	X	
19	Traslado a la máquina	1.53	X	
20	Seleccionar las bases adecuadas	0.86	X	
21	Posicionar las bases en la máquina	0.76	X	
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.60	X	
23	Devolver montacargas a su puesto	1.43		X
24	Selección de herramientas del coche	2.49		X
25	Limpieza de matriz	0.75		X
26	Colocación de alzas	1.72	X	
27	Ajuste bridas de sujeción	4.29	X	
D. Calibración				
28	Encendido de maquinaria	0.74	X	
29	Calibración del golpe	2.58	X	
30	Guardar herramientas en el coche	1.53	X	
31	Inspección y aprobación del líder de área	2.59	X	
TOTAL		53.39	34.74	18.65
TS (min)		67.27	43.77	23.50

Máquina 3PT55

En la tabla 103 se observa la clasificación de las actividades internas y externas teniendo en cuenta que, elementos se pueden generar mientras la máquina está laborando y cuáles no, en este caso las actividades internas recopilan un valor 36.96 min de tiempo estándar total por otro lado las actividades externas muestran 19.48 min.

Tabla 103 Etapa dos SMED máquina 3PT55

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 26%	
Máquina: 3PT55		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.43		X
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.36		X
3	Revisar las herramientas que contiene	2.08		X
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.25		X
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	4.21	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	2.53	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.73	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.84		X
9	Solicitar el montacargas	1.07		X
10	España del montacargas	1.24		X
11	Traslado hacia el montacargas	1.35		X
12	Escoger el montacargas	0.59		X
13	Dirigirse a la máquina	1.36		X
14	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.08	X	
15	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	1.44	X	
16	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.30	X	
C. Montaje				
17	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.55	X	
18	Cargar la matriz a usar	2.18	X	
19	Traslado a la máquina	1.25	X	
20	Seleccionar las bases adecuadas	0.69	X	
21	Posicionar las bases en la máquina	0.62	X	
22	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.29	X	
23	Devolver montacargas a su puesto	1.25		X
24	Selección de herramientas del coche	2.07		X
25	Limpieza de matriz	0.57		X
26	Colocación de alzas	1.06	X	
27	Ajuste bridas de sujeción	4.36	X	
D. Calibración				
28	Encendido de maquinaria	0.53	X	
29	Calibración del golpe	1.43	X	
30	Guardar herramientas en el coche	1.04	X	
31	Inspección y aprobación del líder de área	2.04	X	
TOTAL		44.79	29.33	15.46
TS (min)		56.44	36.96	19.48

Máquina 3PT40-01

En la tabla 104 se presenta el desglose de las actividades transformadas de internas a externas considerando cuales de las operaciones de la preparación previa de herramientas, desmontaje, montaje y calibración se las puede realizar mientras la máquina está en funcionamiento, en este caso las actividades internas suman un tiempo estándar total de 28.04 min mientras que las actividades externas muestran 15.04 min.

Tabla 104 Etapa dos SMED máquina 3PT40-01

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 22%	
Máquina: 3PT40-01		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.36		X
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.35		X
3	Revisar las herramientas que contiene	2.14		X
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.30		X
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.19	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	1.92	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.72	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.66		X
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	1.21		X
10	Escoger el coche de carga disponible.	0.85		X
11	Ir a la máquina	0.89		X
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.58	X	
13	Traslado matriz al estante	1.30	X	
14	Almacenar la matriz vieja	1.65	X	
C. Montaje				
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.54	X	
16	Cargar la matriz a usar	1.44	X	
17	Traslado a la máquina	1.35	X	
18	Seleccionar las bases adecuadas	0.47	X	
19	Posicionar las bases en la máquina	0.59	X	
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.75	X	
21	Devolver coche de carga a su puesto	1.57		X
22	Selección de herramientas del coche	1.68		X
23	Limpieza de matriz	0.36		X
24	Colocación de alzas	1.08	X	
25	Ajuste bridas de sujeción	2.41	X	
D. Calibración				
26	Encendido de maquinaria	0.43	X	
27	Calibración del golpe	1.50	X	
28	Guardar herramientas en el coche	1.04	X	
29	Inspección y aprobación del líder de área	2.03	X	
TOTAL		35.36	22.99	12.37
TS (min)		43.13	28.04	15.09

Máquina 3PT35

En la tabla 105 se muestra las operaciones que fueron convertidas de internas a externas considerando cuales actividades se pueden realizar mientras la máquina está produciendo, en este caso las actividades internas reúnen un tiempo estándar total de 25.98 min mientras que las actividades externas muestran 13.73 min.

Tabla 105 Etapa dos SMED máquina 3PT35

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 22%	
Máquina: 3PT35		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.27		X
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.16		X
3	Revisar las herramientas que contiene	1.46		X
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	1.36		X
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	1.92	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	1.84	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.76	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.58		X
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	1.21		X
10	Escoger el coche de carga disponible.	1.10		X
11	Ir a la máquina	0.84		X
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.69	X	
13	Traslado matriz al estante	1.14	X	
14	Almacenar la matriz vieja	1.21	X	
C. Montaje				
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.64	X	
16	Cargar la matriz a usar	1.47	X	
17	Traslado a la máquina	1.38	X	
18	Seleccionar las bases adecuadas	0.46	X	
19	Posicionar las bases en la máquina	0.48	X	
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.51	X	
21	Devolver coche de carga a su puesto	1.30		X
22	Selección de herramientas del coche	1.61		X
23	Limpieza de matriz	0.36		X
24	Colocación de alzas	0.94	X	
25	Ajuste bridas de sujeción	2.16	X	
D. Calibración				
26	Encendido de maquinaria	0.43	X	
27	Calibración del golpe	1.26	X	
28	Guardar herramientas en el coche	1.06	X	
29	Inspección y aprobación del líder de área	1.95	X	
TOTAL		32.55	21.30	11.25
TS (min)		39.71	25.98	13.73

Máquina 3PT25

En la tabla 106 se observa la clasificación de las actividades internas y externas teniendo en cuenta que, elementos se pueden generar mientras la máquina está laborando y cuáles no, en este caso las actividades internas recopilan un valor 22.70 min de tiempo estándar total por otro lado las actividades externas muestran 13.35 min.

Tabla 106 Etapa dos SMED máquina 3PT35

Hoja de Operaciones de Cambio de Matriz			Suplemento= 22%	
Máquina: 3PT25		Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)	Actividades	
			INT.	EXT.
A. Preparación Previa				
1	Disponibilidad de la máquina	0.29		X
2	Dirigirse al coche de herramientas más cerca	1.09		X
3	Revisar las herramientas que contiene	2.06		X
4	Dirigirse a la máquina junto con el coche	0.99		X
B. Desmontaje				
5	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	1.50	X	
6	Desajustar tuercas de tambor	1.46	X	
7	Retirar alzas y tuercas	0.55	X	
8	Guardar piezas en coche de herramientas	0.66		X
9	Dirigirse al coche de carga para matriz peq.	1.03		X
10	Escoger el coche de carga disponible.	0.82		X
11	Ir a la máquina	1.07		X
12	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.64	X	
13	Traslado matriz al estante	1.04	X	
14	Almacenar la matriz vieja	1.13	X	
C. Montaje				
15	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.44	X	
16	Cargar la matriz a usar	1.14	X	
17	Traslado a la máquina	1.07	X	
18	Seleccionar las bases adecuadas	0.40	X	
19	Posicionar las bases en la máquina	0.56	X	
20	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.28	X	
21	Devolver coche de carga a su puesto	1.17		X
22	Selección de herramientas del coche	1.38		X
23	Limpieza de matriz	0.38		X
24	Colocación de alzas	1.16	X	
25	Ajuste bridas de sujeción	1.78	X	
D. Calibración				
26	Encendido de maquinaria	0.34	X	
27	Calibración del golpe	1.11	X	
28	Guardar herramientas en el coche	1.12	X	
29	Inspección y aprobación del líder de área	1.89	X	
TOTAL		29.55	18.61	10.94
7TS (min)		36.05	22.70	13.35

Cuadro de análisis de conversión de actividades internas a externas

En la tabla 107 se puede visualizar el porcentaje de las actividades internas y externas realizada una vez la conversión.

Tabla 107 Análisis de conversión de actividades internas a externas

Análisis de Conversión de Actividades Internas a Externas				
Máquina	INT.	%	EXT.	%
3PH100	122.96	79.29	32.12	20.71
3PT150	96.09	76.33	29.80	23.67
TR-130	66.07	72.09	25.58	27.91
3PT100	53.05	66.60	26.61	33.40
3PT80	43.77	65.07	23.50	34.93
3PT55	36.96	65.48	19.48	34.52
3PT40-01	28.04	65.01	15.09	34.99
3PT35	25.98	65.42	13.73	34.58
3PT25	22.70	62.97	13.35	37.03

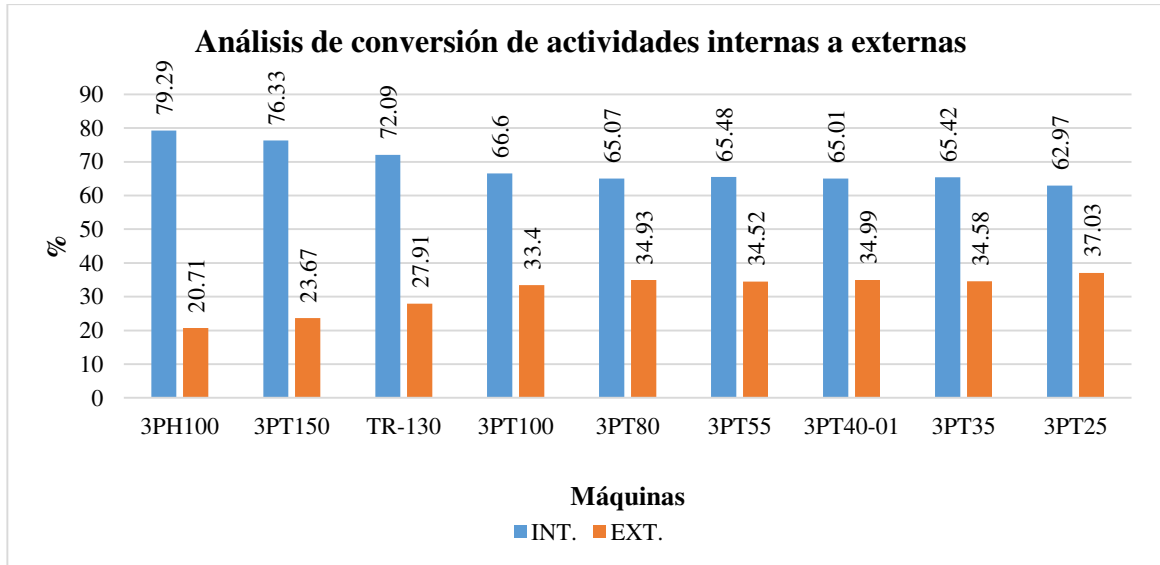


Fig. 23 Análisis de conversión de actividades internas a externas

Interpretación:

En la figura 23 se puede notar que las actividades internas son mayores que las actividades externas, sin embargo, estos tiempos pueden disminuir significativamente atacando las actividades internas y externas, mediante la siguiente etapa del SMED.

ETAPA TRES: Perfeccionar las actividades internas y externas

Terminadas las etapas anteriores se procede a realizar mejoras en las actividades para el cambio de matriz, poniendo en práctica lo planeado.

Mejoras en las actividades externas:

Se puede conseguir mejorando el almacenaje, localización e identificación de herramientas conjuntamente con su transporte y de esta manera considerar una mejor manera para gestionar todos estos elementos en donde se resalte la organización y la disponibilidad de los mismos. Existen varias herramientas operativas dentro de Lean Manufacturing que va de la mano del SMED y pueden mejorar el proceso de cambio de matriz. En este caso se ha considerado el desarrollo de 5's en los coches del área.

Desarrollo de 5's en coches de herramientas

Las actividades de separación, orden, limpieza, estandarización y disciplina son fundamentales para una óptima puesta en funcionamiento del sistema SMED, ya que el poder encontrar rápidamente las herramientas, el disponer de todos los equipos, un lugar de trabajo limpio y el disponer de elementos visuales que permitan un mejor trabajo, es beneficio para el desempeño de la organización como para la satisfacción laboral del empleado, por lo cual se involucra el desarrollo de la metodología 5's con el fin de mejorar el proceso de cambio de matriz y las condiciones del área del trabajo.

- 1. Seleccionar:** Se la realiza con el objetivo de clasificar lo que es necesario para mantenerlo en el área y lo que no es necesario para retirarlo, además permite mejorar las condiciones del lugar de trabajo ya que libera espacio y reduce el tiempo de acceso a herramientas. A través del conocimiento del líder del área de conformado se pudo clasificar lo que es dispensable y no de las herramientas para el cambio de matriz. En la tabla 108 y 109 se muestra todos los elementos encontrados en el área de acuerdo a su respectivo registro de desarrollo.

Tabla 108 Clasificación de herramientas encontrados en área de conformado


		LISTA DE HERRAMIENTAS			
		Sección: CONFORMADO			
Elaborado por: Ana Belén Domínguez			Fecha: 31/01/2020		
Aprobado por: Robinson Briceño					
N.	Cantidad	Herramienta	SI	NO	Observación
1	1	Llave mixta 3/4 "	X		
2	1	Llave mixta 5/8 "	X		
3	1	Llave mixta 20 MM	X		
4	2	Llave mixta 15/16 "	X		
5	1	Llave mixta 23 MM	X		
6	1	Llave corona 20 -22 MM	X		
7	1	Llave mixta 1 "	X		
8	2	Llave mixta 28 MM	X		
9	3	Llave mixta 1 1/8 "	X		
10	1	Llave mixta 32 MM	X		
11	1	Llave mixta 1 1/4 "	X		
12	4	Llave mixta 24 MM	X		
13	2	Llave mixta 30 MM	X		
14	1	Llave mixta 33 MM	X		
15	2	Llave mixta 13/16 "	X		
16	1	Llave mixta 21 MM	X		
17	2	Llave mixta 13/16 "	X		
18	1	Llave mixta 7/8 "	X		
19	2	Llave mixta 15 - 16 MM	X		
20	1	Llave rocha de dado 3/4 "	X		
21	1	Llave boca 1 7/16 "	X		
22	2	Llave para carnero FEDERAL	X		
23	1	Llave para tambor	X		
24	2	Llave para carnero 3PT-35	X		
25	2	Llave para carnero 3PT-40	X		
26	2	Llave para carnero	X		
27	1	Sierra		X	Reubicación área de Soldadura.
28	10	Brida en "U" pequeñas	X		
29	4	Brida en "U" grandes	X		
30	14	Brida cerrada	X		
31	13	Brida pato	X		
32	25	Toma para carnero	X		
33	10	Alza regulable	X		
34	8	Alza normal	X		
35	3	Alza redonda hueca		X	Reubicación estante de matrices.
36	4	Paralelas		X	Reubicación estante de matrices.
37	34	Tuerca "T"	X		
38	40	Perno 5/16	X		
39	60	Perno 5/8	X		
40	20	Arandela 5/16	X		
41	30	Arandela 5/8	X		
42	1	Tope		X	Reubicación estante de matrices.
43	60	Espárragos 5/8	X		
44	1	Rotador para 3PT-40		X	Reubicación estante paralelas.
45	8	Varilla metálica	X		
46	1	Martillo de goma	X		

Tabla 109 Registro herramientas necesarias y no del área de conformado

Antes	Durante	Después
		

2. Ordenar: Se la utiliza con el fin de colocar cada cosa en su lugar para que sea más fácil identificar los elementos. Se ubica las herramientas consideradas necesarias en los coches móviles de acuerdo a la utilidad que estas van a brindar al momento de cambiar la matriz. Existen 3 coches de herramientas en el área el cual abastecen a las diferentes máquinas de acuerdo a la fila a la que pertenecen. En la tabla 110, 111, 112 se observa las herramientas identificadas en su lugar de almacenamiento en donde los coches de herramientas deben mostrar la disponibilidad de los materiales de acuerdo a lo establecido por el líder del área. En el Anexo 7 se puede encontrar el Formato de Registro designado para la realización de los listados de herramientas.

Tabla 110 Detalle de herramientas en coche #1


		LISTADO DE HERRAMIENTAS						
		Área: CONFORMADO						
COCHE #1								
N.	Código	Cantidad	Herramienta	Revisión Mensual				Observación
				S1	S2	S3	S4	
1	90-40-70-0004	1	Llave mixta 24 MM					
2	90-40-70-0036	1	Llave mixta 7/8 "					
3	90-40-70-0005	1	Llave mixta 3/4 "					
4	90-40-70-0037	1	Llave mixta 15/16 "					
5	90-40-70-0021	1	Llave mixta 1 1/8 "					
6	90-40-70-0003	1	Llave mixta 30 MM					
7	90-40-70-0008	1	Llave mixta 21 MM					
8	N/A	1	Llave rocha de dado 3/4 "					
9	N/A	2	Llave para carnero 3PT-35					
10	N/A	2	Llave para carnero 3PT-40					
11	N/A	3	Varilla metálica					
12	N/A	1	Martillo de goma					
13	N/A	13	Toma para carnero					
14	N/A	6	Brida en "U" pequeñas					
15	N/A	4	Brida cerrada					
16	N/A	9	Tuerca "T"					
17	N/A	20	Espárragos 5/8					
18	N/A	2	Alza normal					
19	N/A	2	Alza regulable					
20	N/A	20	Perno 5/16					
21	N/A	20	Perno 5/8					
22	N/A	10	Arandela 5/16					
23	N/A	10	Arandela 5/8					
Elaborado por:			Ana Belén Domínguez	Responsable:				Klever Vásquez
Aprobado por:			Robinson Briceño	Fecha:				31/01/2020

Tabla 111 Detalle de herramientas en coche #2



		LISTADO DE HERRAMIENTAS						
		Área: CONFORMADO						
COCHE #2								
N.	Código	Cantidad	Herramienta	Revisión Mensual				Observación
				S1	S2	S3	S4	
1	90-40-70-0003	1	Llave mixta 30 MM					
2	90-40-70-0026	1	Llave mixta 32 MM					
3	90-40-70-0041	1	Llave boca 1 7/16 "					
4	90-40-70-0042	1	Llave mixta 33 MM					
5	90-40-70-0021	1	Llave mixta 1 1/8 "					
6	90-40-70-0043	1	Llave mixta 28 MM					
7	90-40-70-0004	1	Llave mixta 24 MM					
8	N/A	2	Llave para carnero					
9	N/A	1	Llave para tambor					
10	N/A	5	Varilla metálica					
11	N/A	4	Brida pato					
12	N/A	6	Toma para carnero					
13	N/A	4	Brida en "U" pequeñas					
14	N/A	2	Brida en "U" grandes					
15	N/A	5	Brida cerrada					
16	N/A	13	Tuerca "T"					
17	N/A	20	Espárragos 5/8					
18	N/A	2	Alza normal					
19	N/A	3	Alza regulable					
20	N/A	20	Perno 5/16					
21	N/A	20	Perno 5/8					
22	N/A	10	Arandela 5/16					
23	N/A	10	Arandela 5/8					
Elaborado por:			Ana Belén Domínguez	Responsable:			Klever Vásquez	
Aprobado por:			Robinson Briceño	Fecha:			31/01/2020	

Tabla 112 Detalle de herramientas en coche #3

		LISTADO DE HERRAMIENTAS						
		Área: CONFORMADO						
COCHE #3								
N.	Código	Cantidad	Herramienta	Revisión Mensual				Observación
				S1	S2	S3	S4	
1	90-40-69-0001	1	Llave corona 20 -22 MM					
2	90-40-70-0024	1	Llave mixta 23 MM					
3	90-40-70-0037	1	Llave mixta 15/16 "					
4	90-40-70-0044	1	Llave mixta 1 1/4 "					
5	90-40-70-0045	1	Llave mixta 1 "					
6	90-40-70-0043	1	Llave mixta 28 MM					
7	90-40-70-0021	1	Llave mixta 1 1/8 "					
8	90-40-70-0004	2	Llave mixta 24 MM					
9	90-40-70-0033	1	Llave mixta 5/8 "					
10	90-40-70-0035	2	Llave mixta 13/16 "					
11	90-40-70-0001	1	Llave mixta 20 -22 MM					
12	N/A	6	Toma para carnero					
13	N/A	4	Alza normal					
14	N/A	6	Alza regulable					
15	N/A	8	Brida pato					
16	N/A	12	Tuerca "T"					
17	N/A	20	Espárragos 5/8					
18	N/A	4	Alza normal					
19	N/A	5	Alza regulable					
20	N/A	20	Perno 5/8					
21	N/A	10	Arandela 5/8					
22	N/A	2	Brida en "U" grandes					
23	N/A	5	Brida cerrada					
Elaborado por:			Ana Belén Domínguez	Responsable:			Klever Vásquez	
Aprobado por:			Robinson Briceño	Fecha:			31/01/2020	

En las tablas 113 se muestra el registro de orden para los diferentes coches de herramientas.

Tabla 113 Registro de orden de coches de herramientas



3. Limpiar: Se trata de eliminar fuentes de suciedad e implementar hábitos de limpieza. Se realiza la limpieza de los coches móviles y de las herramientas necesarios para el proceso de cambio de matriz al igual que las zonas definidas para su ubicación y se establecen las cantidades requeridas para la actividad. Para poder mejorar el nivel de limpieza del lugar se presenta un programa indicando las actividades, la frecuencia y responsables de la limpieza, como se muestra en la tabla 114 y 115. Además, se presenta el Anexo 8 con el respectivo formato para la generación de la Lista de Chequeo.

Tabla 114 Programa de limpieza de herramientas





		LISTA DE CHEQUEO DE LIMPIEZA EN COCHES DE HERRAMIENTAS				
		Área: CONFORMADO				
N.	Puntos a chequear	Revisión mensual				Observaciones
		S1	S2	S3	S4	
1	Eliminación de polvo acumulado en el exterior del coche.					
2	Retiro de suciedad de paredes y repisas internas del coche.					
3	Eliminación de suciedad en las ruedas del coche.					
4	Retiro de grasas en herramientas de trabajo.					
5	Retiro de grasas en estuches porta herramientas.					
6	Despeje de material no especificado en las hojas de control					
7	Comprobación de material especificado en hojas de control.					
Elaborado por:		Ana Belén Domínguez	Responsable:		Klever Vásquez	
Aprobado por:		Robinson Briceño	Fecha:		31/01/2020	

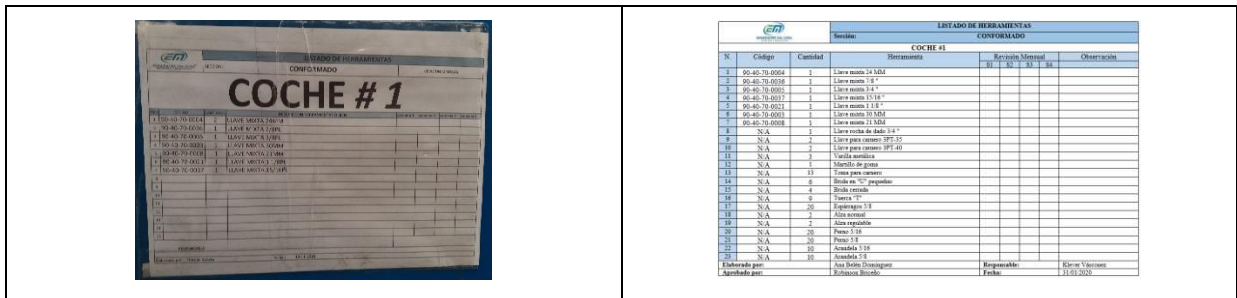
Tabla 115 Registro limpieza a herramientas del área de conformado

Antes	Durante	Después
		

- 4. Estandarizar:** Se crea con la necesidad de recordar que el orden y la limpieza deben mantenerse cada día. Para conseguir una buena estandarización en las acciones realizadas en el área, es necesario un control visual y de esta forma dar a conocer al personal del lugar o de la empresa que ingrese al área, además de compartir información sobre el stock de herramientas. La aplicación de control visual es sencilla debido a que no requiere recursos externos a los que posee la empresa como carteles utilizados para la clasificación de coches, herramientas con su respectivo detalle. En la tabla 116 se muestran en registro de estandarización que se llevó a cabo en el área de conformado.

Tabla 116 Registro de estandarización del área de conformado

Antes	Durante	Después
		



5. Disciplina: Esta etapa pretende trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas, de manera que se compruebe el seguimiento del sistema 5'S y elaborando acciones de mejora continua como:

- Devolver herramientas y equipos a sus lugares después de ser usados.
- Cultura de cambio para mantener en buenas condiciones del área de conformado.
- Ejecutar recorridos por el área por parte de la gerencia para que se fomente un mayor compromiso de los operadores.
- Publicar los cambios realizados en la planta, el antes y el después para que los trabajadores se sientan motivados con el cambio.

Mejora en las actividades internas:

Desarrollo de operaciones en paralelo

Las actividades que son realizadas por más de un operario ayudan mucho a acelerar este tipo de trabajos gracias a los ahorros de movimientos que se obtienen. Cuando se realiza este tipo de operaciones se debe tener en cuenta evitar esperas innecesarias que provoquen la paralización del proceso en vez de ahorrar tiempo a la organización.

Cuando se realiza operaciones en paralelo se busca incrementar el número de actividades que se realizan a la par y de esta manera evitar tiempos muertos entre actividades internas, además se debe evitar movimientos innecesarios ya que estos no significaran ningún ahorro de tiempo.

Procedimiento para Operaciones en Paralelo

Se requiere enlistar todas las actividades que se vayan a realizar con la máquina parada para seguidamente proceder a designar las operaciones que va a realizar cada trabajador que intervenga en la preparación de las máquinas ya sean prensas hidráulicas o troqueladoras. A continuación, se presenta el estudio realizado para las 9 máquinas utilizadas en los procesos de conformado para la realización de las Cajas metálicas bifásicas 300*200*100. Asimismo, se presenta en el Anexo 9 y 10 con el formato generado para las Actividades en Paralelo y la tabla para la representación de colores normalizados para los movimientos fundamentales de las manos respectivamente.

Máquina 3PH100

En la tabla 117 se enlista las actividades internas definidas con anterioridad de la máquina prensa hidráulica 3PH100 con un tiempo total de 122.96 min.

Tabla 117 Detalle actividades internas - máquina 3PH100

Actividades Internas		
Máquina: 3PH100		Suplemento= 23%
Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)
1	Aflojar bridas de sujeción	20.01
2	Retirar alzas	6.24
3	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	4.65
4	Traslado al Estante	2.30
5	Almacenar la matriz vieja	6.42
6	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.51
7	Cargar la matriz a usar	5.46
8	Traslado a la máquina	1.97
9	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	4.09
10	Selección de herramientas del coche	3.44
11	Colocación de alzas	4.95
12	Ajuste bridas de sujeción	25.26
13	Encendido de maquinaria	0.45
14	Calibración del golpe	4.65
15	Guardar herramientas en el coche	3.47
16	Inspección y aprobación del líder de área	5.10
TOTAL		99.97
TS (min)		122.96

Debido a que se quiere reducir aún más el tiempo de preparación de maquinaria se procede a desarrollar en la tabla 118 las actividades paralelas. En donde se aplica el cambio de matriz por dos personas que interactúan a la par con el fin de eliminar movimientos inútiles y reducir el tiempo de preparación. El nuevo tiempo obtenido es de 52.69 min.

Tabla 118 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PH100

Operario 1	TIEMPO (min)		Operario 2	TIEMPO (min)
Aflojar bridas de sujeción	8.005		Aflojar bridas de sujeción	10.005
Retirar alzas	6.65		Posicionar la matriz vieja en el montacargas	4.65
Traslado al Estante en el montacargas	2.30		Selección de herramientas del coche	3.30
Almacenar la matriz vieja	4.42		Traslado al Estante caminando	1
			Almacenar la matriz vieja	2.42
Seleccionar la nueva matriz a montar	0.85		Seleccionar la nueva matriz a montar	0.85
Cargar la matriz a usar	2.73		Cargar la matriz a usar	2.73
Traslado a la máquina en el montacargas	1.97		Traslado a la máquina caminando	1
Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.09		Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	3.06
Colocación de alzas	2.47		Colocación de alzas	2.47
Ajuste bridas de sujeción	12.63		Ajuste bridas de sujeción	12.63

Continuación **Tabla 118** Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PH100

Operario 1	TIEMPO (min)	Operario 2	TIEMPO (min)
Encendido de maquinaria	0.45		
Calibración del golpe	4.65	Guardar herramientas en el coche	3.47
		Inspección y aprobación del líder de área	5.10
TOTAL	49.22	TOTAL	52.69

Máquina 3PT150

En la tabla 119 se enlista las actividades internas definidas con anterioridad de la máquina prensa troqueladora 3PT150 con un tiempo total de 96.09 min.

Tabla 119 Detalle actividades internas - máquina 3PT150

Actividades Internas		
Máquina: 3PT150		Suplemento= 28%
Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)
1	Aflojar bridas de sujeción	11.47
2	Retirar alzas	4.30
3	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.16
4	Traslado al Estante	1.82
5	Almacenar la matriz vieja	4.26
6	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.53
7	Cargar la matriz a usar	4.40
8	Traslado a la máquina	1.03
9	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.37
10	Selección de herramientas del coche	2.19
11	Colocación de alzas	4.40
12	Ajuste bridas de sujeción	22.87
13	Encendido de maquinaria	0.67
14	Calibración del golpe	4.23
15	Guardar herramientas en el coche	2.24
16	Inspección y aprobación del líder de área	4.13
TOTAL		75.07
TS (min)		96.09

En la tabla 120 se muestra las actividades paralelas para el cambio de matriz entre dos trabajadores que laboran simultáneamente con el propósito de eliminar movimientos innecesarios y reducir así el tiempo de Set Up. El nuevo tiempo hallado durante el estudio es de 41.27 min.

Tabla 120 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT150

Operario 1	TIEMPO (min)		Operario 2	TIEMPO (min)
Aflojar bridas de sujeción	4.53		Aflojar bridas de sujeción	6.94
Retirar alzas	4.30		Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.16
Traslado al Estante en el montacargas	1.82		Selección de herramientas del coche	2.19
Almacenar la matriz vieja	4.26		Traslado al Estante caminando	1
			Almacenar la matriz vieja	1.62
Seleccionar la nueva matriz a montar	0.76		Seleccionar la nueva matriz a montar	0.76
Cargar la matriz a usar	2.20		Cargar la matriz a usar	2.20
Traslado a la máquina en el montacargas	1.03		Traslado a la máquina caminando	1
Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.37		Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.4
Colocación de alzas	2.20		Colocación de alzas	2.20
Ajuste bridas de sujeción	11.43		Ajuste bridas de sujeción	11.43
Encendido de maquinaria	0.67		Guardar herramientas en el coche	2.24
Calibración del golpe	4.23		Inspección y aprobación del líder de área	4.13
TOTAL	39.80		TOTAL	41.27

Máquina TR-130

En la tabla 121 se enlista las actividades internas definidas con anterioridad de la máquina prensa troqueladora TR-130 con un tiempo total de 66.07 min.

Tabla 121 Detalle actividades internas - máquina TR130

Actividades Internas		
Máquina: 3PT130		Suplemento= 27%
Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)
1	Aflojar bridas de sujeción	10.51
2	Retirar alzas	2.57
3	Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.40
4	Traslado al Estante	1.65
5	Almacenar la matriz vieja	3.36
6	Seleccionar la nueva matriz a montar	1.24
7	Cargar la matriz a usar	2.51
8	Traslado a la máquina	1.62
9	Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.22
10	Selección de herramientas del coche	2.25
11	Colocación de alzas	3.37
12	Ajuste bridas de sujeción	11.46
13	Encendido de maquinaria	0.60
14	Calibración del golpe	2.42
15	Guardar herramientas en el coche	1.35
16	Inspección y aprobación del líder de área	1.49
TOTAL		52.02
TS (min)		66.07

En la tabla 122 se muestra las actividades designadas para cada operario dentro de la preparación de la maquinaria en donde se busca reducir el tiempo de cambio de matriz, en este caso el nuevo tiempo determinado es de 30.14 min.

Tabla 122 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina TR130

Operario 1	TIEMPO (min)	Operario 2	TIEMPO (min)
Aflojar bridas de sujeción	4.45	Aflojar bridas de sujeción	6.06
Retirar alzas	2.57		

Continuación **Tabla 122** Representación esquemática de actividades paralelas - máquina TR130

Operario 1	TIEMPO (min)		Operario 2	TIEMPO (min)
Traslado al Estante en el montacargas	1.65			
Almacenar la matriz vieja	3.36		Posicionar la matriz vieja en el montacargas	3.87
Seleccionar la nueva matriz a montar	1.24		Selección de herramientas del coche	2.75
Cargar la matriz a usar	2.51		Traslado al Estante caminando	1.22
Traslado a la máquina en el montacargas	1.32		Cargar la matriz a usar	1.88
Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.22		Traslado al Estante caminando	1.89
Colocación de alzas	1.68		Posicionar la nueva matriz en la mesa inferior	2.22
Ajuste bridas de sujeción	5.73		Colocación de alzas	1.68
Encendido de maquinaria	0.60		Ajuste bridas de sujeción	5.73
Calibración del golpe	2.42		Guardar herramientas en el coche	1.35
			Inspección y aprobación del líder de área	1.49
TOTAL	29.75		TOTAL	30.14

Máquina 3PT100

En la tabla 123 se enlista las actividades internas definidas con anterioridad de la máquina prensa troqueladora 3PT-100 con un tiempo total de 53.05 min

Tabla 123 Detalle actividades internas - máquina 3PT100

Actividades Internas		
Máquina: 3PT100		Suplemento= 27%
Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)
1	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	5.10
2	Desajustar tuercas de tambor	3.52
3	Retirar alzas y tuercas	0.84
4	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.79
5	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	2.50
6	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.74
7	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.82
8	Cargar la matriz a usar	2.61

Continuación **Tabla 123** Detalle actividades internas - máquina 3PT100

N.	Descripción de Elementos	TN (min)
9	Traslado a la máquina	2.28
10	Seleccionar las bases adecuadas	0.94
11	Posicionar las bases en la máquina	0.61
12	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	2.47
13	Colocación de alzas	1.92
14	Ajuste bridas de sujeción	5.32
15	Encendido de maquinaria	0.73
16	Calibración del golpe	3.15
17	Guardar herramientas en el coche	1.82
18	Inspección y aprobación del líder de área	2.61
TOTAL		41.77
TS (min)		53.05

Debido a que se quiere reducir aún más el tiempo de preparación de maquinaria se procede a desarrollar en la tabla 124 las actividades paralelas. En donde se aplica el cambio de matriz por dos personas que interactúan a la par con el fin de eliminar movimientos inútiles y reducir el tiempo de preparación. El nuevo tiempo obtenido es de 21.91 min.

Tabla 124 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT100

Operario 1	TIEMPO (min)	Operario 2	TIEMPO (min)
Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.05	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	3.05
Desajustar tuercas de tambor	2.30	Desajustar tuercas de tambor	1.30
Retirar alzas y tuercas	0.84	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.45
Traslado de mesa inf. y matriz al estante	2.5	Seleccionar las bases adecuadas	0.94
Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.74	Traslado al Estante caminando	1
Seleccionar la nueva matriz a montar	0.41	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	0.74
Cargar la matriz a usar	1.3	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.41
Traslado a la máquina en el montacargas	1.03	Cargar la matriz a usar	1.3
Posicionar la nueva matriz sobre las bases	2.47	Traslado a la máquina caminando	1
Colocación de alzas	0.50	Posicionar las bases en la máquina	0.61
Ajuste bridas de sujeción	2.76	Colocación de alzas	1.92
Encendido de maquinaria	0.73	Ajuste bridas de sujeción	2.76
Calibración del golpe	3.15	Guardar herramientas en el coche	1.82
		Inspección y aprobación del líder de área	2.61

TOTAL	21.78	TOTAL	21.91

Máquina 3PT80

En la tabla 125 se enlista las actividades internas definidas con anterioridad de la máquina prensa troqueladora 3PT80 con un tiempo total de 43.77 min.

Tabla 125 Detalle actividades internas - máquina 3PT80

Actividades Internas		
Máquina: 3PT80		Suplemento= 26%
Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)
1	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	4.89
2	Desajustar tuercas de tambor	2.72
3	Retirar alzas y tuercas	0.83
4	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.41
5	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	1.16
6	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.71
7	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.68
8	Cargar la matriz a usar	2.14
9	Traslado a la máquina	1.53
10	Seleccionar las bases adecuadas	0.86
11	Posicionar las bases en la máquina	0.76
12	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.60
13	Colocación de alzas	1.72
14	Ajuste bridas de sujeción	4.29
15	Encendido de maquinaria	0.74
16	Calibración del golpe	2.58
17	Guardar herramientas en el coche	1.53
18	Inspección y aprobación del líder de área	2.59
TOTAL		34.74
TS (min)		43.77

En la tabla 126 se muestra las actividades paralelas para el cambio de matriz entre dos trabajadores que laboran simultáneamente con el propósito de eliminar movimientos innecesarios y reducir así el tiempo de Set Up. El nuevo tiempo hallado durante el estudio es de 20.41 min.

Tabla 126 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT80

Operario 1	TIEMPO (min)		Operario 2	TIEMPO (min)
Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.45		Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.45
Desajustar tuercas de tambor	1.36		Desajustar tuercas de tambor	1.36
Retirar alzas y tuercas	0.93		Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.09
Traslado de mesa inf. y matriz al estante	1.16			
Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.71		Seleccionar las bases adecuadas	0.76
			Traslado al Estante caminando	1
Seleccionar la nueva matriz a montar	0.68		Seleccionar la nueva matriz a montar	0.68
Cargar la matriz a usar	2.14		Cargar la matriz a usar	2.14
Traslado a la máquina en el montacargas	1.53		Traslado a la máquina caminando	1.40
Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.60		Posicionar las bases en la máquina	1.60
Colocación de alzas	0.86		Colocación de alzas	0.86
Ajuste bridas de sujeción	2.15		Ajuste bridas de sujeción	2.15
Encendido de maquinaria	0.94		Guardar herramientas en el coche	1.53
Calibración del golpe	2.88			
			Inspección y aprobación del líder de área	2.39
TOTAL	20.39		TOTAL	20.41

Máquina 3PT55

En la tabla 127 se enlista las actividades internas definidas con anterioridad de la máquina prensa troqueladora 3PT55 con un tiempo total de 36.96 min.

Tabla 127 Detalle actividades internas - máquina 3PT55

Actividades Internas		
Máquina: 3PT55		Suplemento= 26%
Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)
1	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	4.21
2	Desajustar tuercas de tambor	2.53
3	Retirar alzas y tuercas	0.73
4	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.08
5	Traslado de mesa inf. y matriz al estante	1.44
6	Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.30
7	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.55

Continuación **Tabla 127** Detalle actividades internas - máquina 3PT55

N.	Descripción de Elementos	TN (min)
8	Cargar la matriz a usar	2.18
9	Traslado a la máquina	1.25
10	Seleccionar las bases adecuadas	0.69
11	Posicionar las bases en la máquina	0.62
12	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.29
13	Colocación de alzas	1.06
14	Ajuste bridas de sujeción	4.36
15	Encendido de maquinaria	0.53
16	Calibración del golpe	1.43
17	Guardar herramientas en el coche	1.04
18	Inspección y aprobación del líder de área	2.04
TOTAL		29.33
TS (min)		36.96

En la tabla 128 se muestra las actividades designadas para cada operario dentro de la preparación de la maquinaria en donde se busca reducir el tiempo de cambio de matriz, en este caso el nuevo tiempo determinado es de 17.50 min.

Tabla 128 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT55

Operario 1	TIEMPO (min)	Operario 2	TIEMPO (min)
Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.11	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.11
Desajustar tuercas de tambor	1.27	Desajustar tuercas de tambor	1.27
Retirar alzas y tuercas	0.73		
Traslado de mesa inf. y matriz al estante	1.44	Colocar mesa inf. y matriz en el montacargas	2.18
Almacenar la mesa inf. y matriz saliente	1.55	Seleccionar las bases adecuadas	0.55
		Traslado al Estante caminando	1
Seleccionar la nueva matriz a montar	0.68	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.68
Cargar la matriz a usar	2.18	Cargar la matriz a usar	2.18
Traslado a la máquina en el montacargas	1.25	Traslado a la máquina caminando	1.12
Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.29	Posicionar las bases en la máquina	0.62
Colocación de alzas	0.53	Colocación de alzas	0.53
Ajuste bridas de sujeción	2.18	Ajuste bridas de sujeción	2.18
Encendido de maquinaria	0.73	Guardar herramientas en el coche	1.04
Calibración del golpe	1.43	Inspección y aprobación del líder de área	2.04
TOTAL	17.37	TOTAL	17.50

Máquina 3PT40-01

En la tabla 129 se enlista las actividades internas definidas con anterioridad de la máquina prensa troqueladora 3PT40-01 con un tiempo total de 28.04 min.

Tabla 129 Detalle actividades internas - máquina 3PT40-01

Actividades Internas		
Máquina: 3PT40-01		Suplemento= 22%
Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)
1	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	2.19
2	Desajustar tuercas de tambor	1.92
3	Retirar alzas y tuercas	0.72
4	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.58
5	Traslado matriz al estante	1.30
6	Almacenar la matriz vieja	1.65
7	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.54
8	Cargar la matriz a usar	1.44
9	Traslado a la máquina	1.35
10	Seleccionar las bases adecuadas	0.47
11	Posicionar las bases en la máquina	0.59
12	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.75
13	Colocación de alzas	1.08
14	Ajuste bridas de sujeción	2.41
15	Encendido de maquinaria	0.43
16	Calibración del golpe	1.50
17	Guardar herramientas en el coche	1.04
18	Inspección y aprobación del líder de área	2.03
TOTAL		22.99
TS (min)		28.04

Debido a que se quiere reducir aún más el tiempo de preparación de maquinaria se procede a desarrollar en la tabla 130 las actividades paralelas. En donde se aplica el cambio de matriz por dos personas que interactúan a la par con el fin de eliminar movimientos inútiles y reducir el tiempo de preparación. El nuevo tiempo obtenido es de 14.51 min.

Tabla 130 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT40-01

Operario 1	TIEMPO (min)		Operario 2	TIEMPO (min)
Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	1.09		Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	1.09
Desajustar tuercas de tambor	0.96		Desajustar tuercas de tambor	0.96
Retirar alzas y tuercas	0.72		Colocar matriz en el coche manualmente	0.52
Seleccionar las bases adecuadas	0.47		Traslado matriz al estante	1.30
Posicionar las bases en la máquina	0.59		Almacenar la matriz vieja	1.35
Traslado al Estante caminando	1			
Seleccionar la nueva matriz a montar	0.50		Seleccionar la nueva matriz a montar	0.54
Cargar la matriz a usar	0.72		Cargar la matriz a usar	0.72
Traslado al Estante caminando	1		Traslado a la máquina en el coche móvil	1.35
Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.5		Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.50
Colocación de Alzas	1.08		Ajuste bridas de sujeción	2.11
Ajuste bridas de sujeción	1.03			
Encendido de maquinaria	0.43		Guardar herramientas en el coche	1.04
Calibración del golpe	1.50		Inspección y aprobación del líder de área	2.03
TOTAL	12.59		TOTAL	14.51

Máquina 3PT35

En la tabla 131 se enlista las actividades internas definidas con anterioridad de la máquina prensa troqueladora 3PT35 con un tiempo total de 25.98 min.

Tabla 131 Detalle actividades internas - máquina 3PT35

Actividades Internas		
Máquina: 3PT35		Suplemento= 22%
Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)
1	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	1.92
2	Desajustar tuercas de tambor	1.84
3	Retirar alzas y tuercas	0.76
4	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.69
5	Traslado matriz al estante	1.14
6	Almacenar la matriz vieja	1.21
7	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.64
8	Cargar la matriz a usar	1.47
9	Traslado a la máquina	1.38
10	Seleccionar las bases adecuadas	0.46
11	Posicionar las bases en la máquina	0.48

Continuación **Tabla 131** Detalle actividades internas - máquina 3PT35

N.	Descripción de Elementos	TN (min)
12	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.51
13	Colocación de alzas	0.94
14	Ajuste bridas de sujeción	2.16
15	Encendido de maquinaria	0.43
16	Calibración del golpe	1.26
17	Guardar herramientas en el coche	1.06
18	Inspección y aprobación del líder de área	1.95
TOTAL		21.30
TS (min)		25.98

En la tabla 132 se muestra las actividades paralelas para el cambio de matriz entre dos trabajadores que laboran simultáneamente con el propósito de eliminar movimientos innecesarios y reducir así el tiempo de Set Up. El nuevo tiempo hallado durante el estudio es de 14.04 min.

Tabla 132 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT35

Operario 1	TIEMPO (min)	Operario 2	TIEMPO (min)
Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	0.96	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	0.96
Desajustar tuercas de tambor	0.92	Desajustar tuercas de tambor	0.92
Retirar alzas y tuercas	0.76	Colocar matriz en el coche manualmente	0.69
Seleccionar las bases adecuadas	0.46	Traslado matriz al estante	1.14
Posicionar las bases en la máquina	0.48	Almacenar la matriz vieja	1.21
Traslado al Estante caminando	0.73	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.32
Seleccionar la nueva matriz a montar	0.32	Cargar la matriz a usar	0.74
Cargar la matriz a usar	0.74	Traslado a la máquina en el coche móvil	1.38
Traslado al Estante caminando	1	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.51
Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.51	Ajuste bridas de sujeción	2.16
Colocación de Alzas	0.94	Guardar herramientas en el coche	1.06
Ajuste bridas de sujeción	1.22	Inspección y aprobación del líder de área	1.95
Encendido de maquinaria	0.43		
Calibración del golpe	1.26		
TOTAL	11.73	TOTAL	14.04

Máquina 3PT25

En la tabla 133 se enlista las actividades internas definidas con anterioridad de la máquina prensa troqueladora 3PT25 con un tiempo total de 22.70 min.

Tabla 133 Detalle actividades internas - máquina 3PT25

Actividades Internas		
Máquina: 3PT25		Suplemento= 22%
Observador: Ana Domínguez		Fd= 100%
N.	Descripción de Elementos	TN (min)
1	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	1.50
2	Desajustar tuercas de tambor	1.46
3	Retirar alzas y tuercas	0.55
4	Colocar matriz en el coche manualmente.	0.64
5	Traslado matriz al estante	1.04
6	Almacenar la matriz vieja	1.13
7	Seleccionar la nueva matriz a montar	0.44
8	Cargar la matriz a usar	1.14
9	Traslado a la máquina	1.07
10	Seleccionar las bases adecuadas	0.40
11	Posicionar las bases en la máquina	0.56
12	Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.28
13	Colocación de alzas	1.16
14	Ajuste bridas de sujeción	1.78
15	Encendido de maquinaria	0.34
16	Calibración del golpe	1.11
17	Guardar herramientas en el coche	1.12
18	Inspección y aprobación del líder de área	1.89
TOTAL		18.61
TS (min)		22.70

En la tabla 134 se muestra las actividades designadas para cada operario dentro de la preparación de la maquinaria en donde se busca reducir el tiempo de cambio de matriz, en este caso el nuevo tiempo determinado es de 12.45 min.

Tabla 134 Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT25

Operario 1	TIEMPO (min)	Operario 2	TIEMPO (min)
Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	0.75	Aflojar bridas de sujeción de mesa inferior	0.75
Desajustar tuercas de tambor	0.73	Desajustar tuercas de tambor	0.73

Continuación **Tabla 134** Representación esquemática de actividades paralelas - máquina 3PT25

Operario 1	TIEMPO (min)		Operario 2	TIEMPO (min)	
Retirar alzas y tuercas	0.55		Colocar matriz en el coche manualmente	0.64	
Seleccionar las bases adecuadas	0.40		Traslado matriz al estante	1.04	
Posicionar las bases en la máquina	0.56		Almacenar la matriz vieja	1.13	
Traslado al Estante caminando	0.57				
Seleccionar la nueva matriz a montar	0.22		Seleccionar la nueva matriz a montar	0.22	
Cargar la matriz a usar	0.57		Cargar la matriz a usar	0.57	
Traslado al Estante caminando	1.12		Traslado a la máquina en el coche móvil	1.07	
Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.51		Posicionar la nueva matriz sobre las bases	1.51	
Colocación de Alzas	1.16		Ajuste bridas de sujeción	1.78	
Ajuste bridas de sujeción	0.62				
Encendido de maquinaria	0.34		Guardar herramientas en el coche	1.12	
Calibración del golpe	1.11		Inspección y aprobación del líder de área	1.89	
TOTAL	10.21		TOTAL	12.45	

Integración de resultados de la investigación

Una vez aplicada la metodología SMED se establece los tiempos de preparación propuestos para el proceso de cambio de matriz de maquinaria con dos operarios, mostrados a continuación en la tabla 135.

Tabla 135 Integración de resultados obtenidos en la aplicación del SMED

Tiempos de preparación de maquinaria propuesta			
N.	Máquina	Operario 1	Operario 2
		t (min)	t (min)
1	3PH100	49.22	52.69
2	3PT150	39.80	41.27
3	TR-130	29.75	30.14
4	3PT100	21.78	21.91

Continuación **Tabla 135** Integración de resultados obtenidos en la aplicación del SMED

N.	Máquina	Operario 1	Operario 2
		t (min)	t (min)
5	3PT80	20.39	20.41
6	3PT55	17.37	17.50
7	3PT40-01	12.59	14.51
8	3PT35	11.73	14.04
9	3PT25	10.21	12.45

Por otro lado, se desarrolla un Instructivo para el Cambio de Matriz en donde se represente las actividades a ser realizadas por los operadores a cargo de la preparación de la maquinaria como se puede ver en el ANEXO 11. En la figura 24 se muestra el tiempo de preparación de maquinaria realizada por dos operadores del área de conformado en donde se puede notar que las actividades paralelas bien empleadas pueden resultar beneficiosas para los procesos de cambio de matriz.

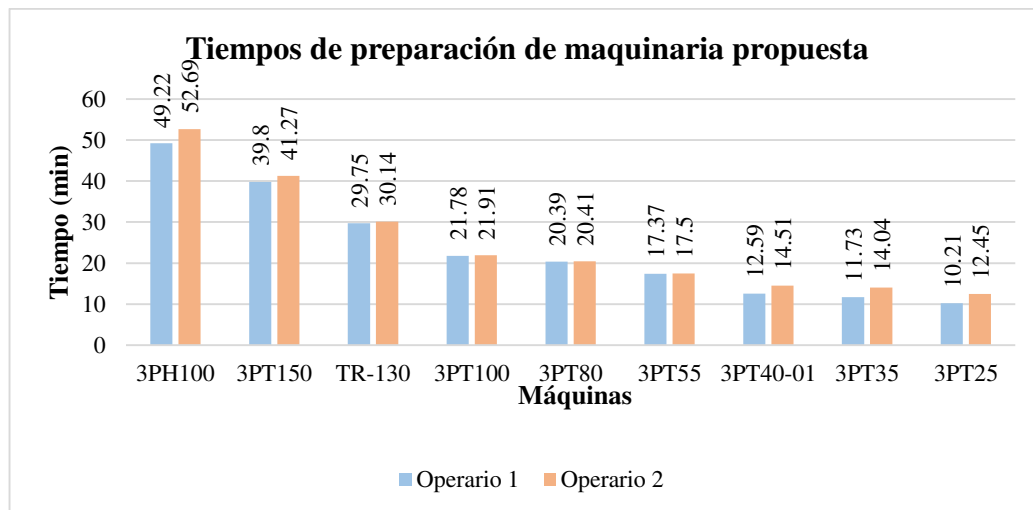


Fig. 24 Tiempos de preparación de maquinaria propuesta

Cabe destacar que los tiempos de preparación de la maquinaria hallados durante la aplicación de la metodología SMED son propuestos debido a que la empresa en estudio deberá considerar mantener lo establecido y deberá seguir realizando mejoras continuas que le permitan controlar a los trabajadores del área de conformado, así como la maquinaria y herramienta que interviene durante todo el proceso para la fabricación del producto en este caso las cajas metálicas búblicas 300*200*100.

Evaluación de datos obtenidos del proceso

Establecido los tiempos iniciales para la preparación de las máquinas y aplicada la metodología SMED para reducción del tiempo de las mismas, se obtiene un tiempo de cambio de matriz propuesto, el cual al compararlo muestra un porcentaje de reducción de tiempo favorable dentro de la investigación por lo que se le sugiere a Ecuamatrix Cía. Ltda. mantener el estudio realizado para garantizar una mayor flexibilidad al momento de trabajar con lotes pequeños de producción variada.

A continuación, en la tabla 136 se presenta un resumen global con los tiempos obtenidos antes y después de aplicar la metodología SMED.

Tabla 136 Evaluación de datos obtenidos del proceso

N.	Nombre	Proceso	Máquina	Set Up (min)	Set Up Propuesto (min)	% de Reducción
1	Base Metálica	Embutido	3PH100	155.08	52.69	66.02
2		Corte de Exceso	3PT150	125.89	41.27	67.22
3		Perforado general	3PT100	79.67	21.91	72.50
4		Perforado lateral y frontal	3PT80	67.27	20.41	69.66
5		Estampado de trazabilidad	3PT55	56.44	17.50	68.99
6		Troquelado aireadores	3PT80	67.27	20.41	69.66
7	Ángulo de Seguridad	Cortado, perforado y doblado	TR-130	91.66	30.14	67.12
8	Riel Monofásico	Doblado de forma	3PT40-01	43.13	14.51	66.36
9		Perforado	3PT35	39.71	14.04	64.64
10	Rejilla Metálica	Perforado general	3PT40-01	43.13	14.51	66.36
11		Doble	3PT35	39.71	21.91	44.82
12	Tapa Metálica	Embutido	3PH100	155.08	52.69	66.02
13		Corte de exceso	3PT150	125.89	41.27	67.22
14		Rebordeado	TR-130	91.66	30.14	67.12
15		Perforado de ventana y compuerta	3PT100	67.27	21.91	67.43
16		Estampado de logo EM	3PT40-01	43.13	14.51	66.36
17		Estampado logo cliente	3PT100	79.67	21.91	72.50
18		Perforado tubo de seguridad	3PT25	36.05	12.45	65.46
19	Compuerta Metálica	Troquelado de forma	3PT35	39.71	14.04	64.64
20		Doblado	3PT40-01	43.13	14.51	66.36
21	Tubo de Seguridad	Doblado	3PT35	39.71	14.04	64.64
22		Perforado	3PT25	36.05	12.45	65.46
23	Ángulo de	Troquelado de forma	3PT55	56.44	17.50	68.99
24	Compuerta	Doblado	3PT25	36.05	12.45	65.46
% de Reducción del Tiempo de preparación de maquinaria Promedio						66.29

Análisis del incremento de la capacidad de producción

Una vez reducidos los tiempos de cambio de matriz en los procesos se conformado, el tiempo ahorrado pasa a ser un tiempo productivo, aumentando por tanto la capacidad de producción de la empresa en cuanto al producto estrella seleccionado, como se detalla en la tabla 137.

Tabla 137 Influencia de Set Up propuesto con el tamaño de lote

N.	Nombre	Proceso	Set Up Propuesto (min)	Tamaño de lote (unidades)	Ciclo de operación (min/unidad)	Tiempo total de operación (min/unidad)	Tiempo total de operación (h/unidad)	Cp Propuesto (unidades/día)
1	Base Metálica	Embutido	52.69	300	0.75	0.93	0.0154	519
2		Corte de Exceso	41.27	300	0.67	0.81	0.0135	594
3		Perforado general	21.91	300	0.59	0.66	0.0111	724
4		Perforado lateral y frontal	20.41	300	0.68	0.75	0.0125	642
5		Estampado de trazabilidad	17.5	300	0.38	0.44	0.0073	1095
6		Troquelado aireadores	20.41	300	0.5	0.57	0.0095	845
7	Ángulo de Seguridad	Cortado, perforado y doblado	30.14	300	0.3	0.40	0.0067	1199
8	Riel Monofásico	Doblado de forma	14.51	300	0.23	0.28	0.0046	1724
9		Perforado	14.04	300	0.23	0.28	0.0046	1734
10	Rejilla Metálica	Perforado general	14.51	300	0.32	0.37	0.0061	1303
11		Doble	21.91	300	0.29	0.36	0.0061	1322
12	Tapa Metálica	Embutido	52.69	300	0.68	0.86	0.0143	561
13		Corte de exceso	41.27	300	0.67	0.81	0.0135	594
14		Rebordeado	30.14	300	0.6	0.70	0.0117	685
15		Perforado de ventana y compuerta	21.91	300	0.55	0.62	0.0104	770
16		Estampado de logo EM	14.51	300	0.35	0.40	0.0066	1205
17		Estampado logo cliente	21.91	300	0.38	0.45	0.0076	1060
18		Perforado tubo de seguridad	12.45	300	0.36	0.40	0.0067	1196
19	Compuerta Metálica	Troquelado de forma	14.04	300	0.23	0.28	0.0046	1734
20		Doblado	14.51	300	0.21	0.26	0.0043	1858
21	Tubo de Seguridad	Doblado	14.04	300	0.17	0.22	0.0036	2214
22		Perforado	12.45	300	0.21	0.25	0.0042	1909
23	Ángulo de Compuerta	Troquelado de forma	17.5	300	0.21	0.27	0.0045	1789
24		Doblado	12.45	300	0.17	0.21	0.0035	2270

Por otro lado, se requiere establecer la Variación de la Capacidad de Producción Mejorada para conocimiento de las unidades producidas durante el periodo de tiempo disponible que se han generado mediante la aplicación de la metodología SMED en la empresa Ecuamatrix Cía. Ltda. Para lo cual se requiere plantear la Capacidad de Producción propuesta ($Cp_{propuesta}$) y la Capacidad de Producción real (Cp_{real}) establecida con anterioridad a través de la ecuación (10).

$$\Delta Cp_{mejorada} = Cp_{propuesta} - Cp_{real} \quad (10)$$

Para un mayor entendimiento sobre el desarrollo de la ecuación n se realiza un ejemplo para los procesos de conformado en este caso para el Embutido de la Base Metálica, donde el valor está representado en unidades/día.

$$\begin{aligned} \Delta Cp_{mejorada} &= 519 \frac{\text{unidades}}{\text{día}} - 379 \frac{\text{unidades}}{\text{día}} \\ \Delta Cp_{mejorada} &= 140 \frac{\text{unidades}}{\text{día}} \end{aligned}$$

Además, se presenta la fórmula para el cálculo de porcentaje de mejora de la Capacidad de Producción como indicador ante el trabajo de investigación realizado, como se muestra en la ecuación (11).

$$\% \Delta = \frac{\text{Valor}_{final} - \text{Valor}_{inicial}}{\text{Valor}_{inicial}} * 100 \% \quad (11)$$

$$\% Cp_{mejorada} = \frac{519 - 379}{379} * 100 \%$$

$$\% Cp_{mejorada} = 36.94 \%$$

A continuación, se muestra la tabla 138 con el resumen de la Capacidad de Producción Mejorada de cada proceso de conformado, la cual establece un promedio de 28.91 %, valor representativo para la empresa ya que se beneficia directamente y asimismo los clientes que presenten demandas del producto principalmente con pequeños lotes.

Tabla 138 Resumen de capacidad mejorada en procesos de conformado

N.	Nombre	Proceso	Cp Real (unidades/día)	Cp Propuesta (unidades/día)	Δ de Cp Mejorada (unidades/día)	% de Cp Mejorada
1	Base Metálica	Embutido	379	519	140	36.94
2		Corte de Exceso	441	594	153	34.69
3		Perforado general	561	724	163	29.06
4		Perforado lateral y frontal	531	642	111	20.90
5		Estampado de trazabilidad	845	1095	250	29.59
6		Troquelado aireadores	663	845	182	27.45
7	Ángulo de Seguridad	Cortado, perforado y doblado	793	1199	406	51.20
8	Riel Monofásico	Doblado de forma	1327	1724	153	11.53
9		Perforado	1366	1734	368	26.94
10	Rejilla Metálica	Perforado general	1062	1303	241	22.69
11		Doblez	1167	1322	155	13.28
12	Tapa Metálica	Embutido	401	561	160	39.90
13		Corte de exceso	441	594	153	34.69
14		Rebordeado	530	685	155	29.25
15		Perforado de ventana y compuerta	620	770	150	24.19
16		Estampado de logo EM	996	1205	209	20.98
17		Estampado logo cliente	960	1060	100	10.42
18		Perforado tubo de seguridad	1000	1196	196	19.60
19	Compuerta Metálica	Troquelado de forma	1366	1734	368	26.94
20		Doblado	1404	1858	454	32.34
21	Tubo de Seguridad	Doblado	1648	2214	566	34.34
22		Perforado	1454	1909	455	31.29
23	Ángulo de Compuerta	Troquelado de forma	1206	1789	583	48.34
24		Doblado	1654	2270	616	37.24
Porcentaje de Capacidad de Producción Mejorada Promedio						28.91

En la figura 25 se muestra que la aplicación de la metodología SMED facilitó a la empresa la capacidad para ajustarse al tamaño de lote que exige el mercado y de esta manera satisfacer el volumen de producción de los clientes.

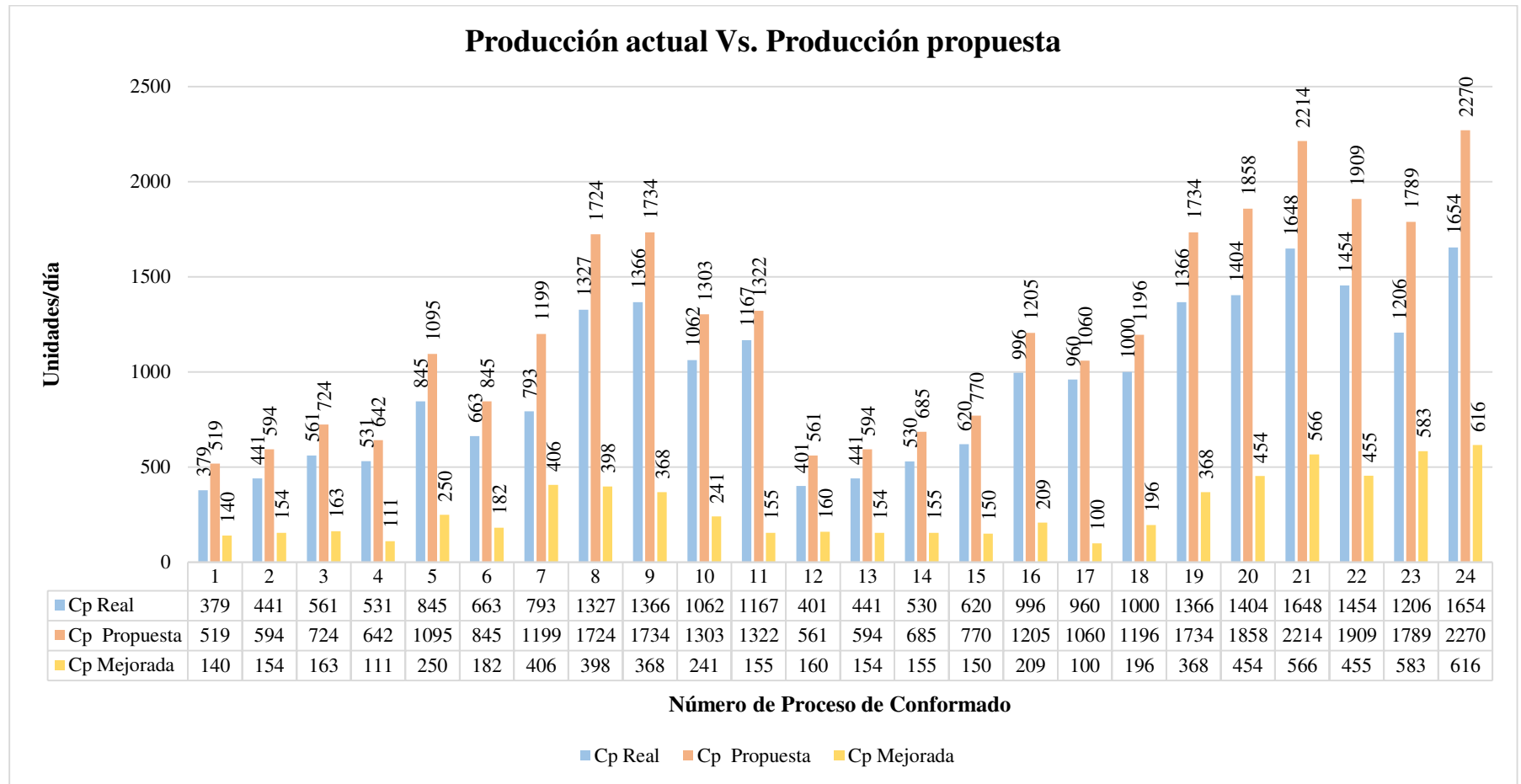


Fig. 25 Producción actual Vs. Producción propuesta

Simulación del proceso de preparación de maquinaria

Para comprobar que los resultados obtenidos en la aplicación del SMED son verídicos, esta investigación se apoyó en el software FlexSim para ejecutar los procesos de cambio de matriz de las maquinarias utilizadas en la fabricación de la caja metálica bifásica 300 x 200 x 100 marco plástico EEASA con sus respectivos procesos de producción. Para la simulación del proceso en 3D se utilizó elementos encontrados en el software procurando que se acerque a la realidad del área de conformado de la empresa en estudio.

Descripción del modelo a simular

Ecuamatrix Cía. Ltda. posee varios procesos de preparación de maquinaria las cuales se basa en el cambio de matriz de las prensas hidráulicas o troqueladoras dentro del área de conformado, por lo cual la construcción del modelo requirió mucha atención para que no se pase por alto detalles importantes como el número de máquinas, operarios que intervienen el proceso de preparación de maquinaria y los procesos de producción.

Construcción del modelo

Se inicia creando una nueva hoja de trabajo en FlexSim, posteriormente se selecciona de las librerías los recursos necesarios y se los arrastra hacia la hoja de trabajo. En este caso se utilizó la ayuda de 3 programas el primero el cual detalla los procesos de la Base metálica 300*200*80, el segundo la tapa metálica 300*200*20, y el tercero los diferentes componentes de la base y tapa, debido a que son varios procesos en los que se utilizan las mismas máquinas en algunos casos y por lo tanto para mayor facilidad del investigador se ejecutó la simulación de esta manera. Una vez establecido el modelo de simulación para el área de conformado se procede a realizar ciertas configuraciones tanto para la maquinaria, operadores, transporte los cuales van a interactuar en todos los procesos de preparación de maquinaria y los procesos de producción, como se detalla a continuación en la tabla 139. Es importante destacar que se presentan a continuación las configuraciones más relevantes para la simulación como:

Tabla 139 Configuración processor para proceso de Embutido de BM

Ejemplo de configuración processor para proceso de Embutido de BM	
<p>Fig. 26 Configuración Set Up time para proceso de Embutido de BM</p>	<p>Fig. 27 Configuración process time para proceso de Embutido de BM</p>

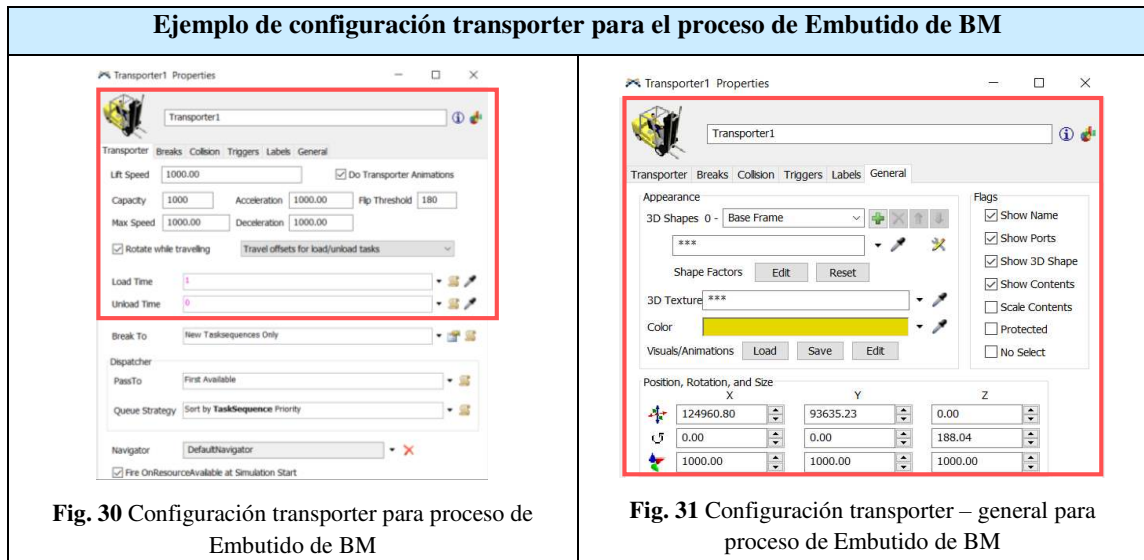
Seguidamente se procede a designar el operador que va estar a cargo de la máquina a través de la opción Flow, además se configura el Operator con características acerca de su desempeño laboral, en la tabla 140 se observa un ejemplo de lo mencionado.

Tabla 140 Configuración operator para proceso de Embutido de BM

Ejemplo de configuración operator para el proceso de Embutido de BM	
<p>Fig. 28 Configuración use transport para proceso de Embutido de BM</p>	<p>Fig. 29 Configuración operator O1 para proceso de Embutido de BM</p>

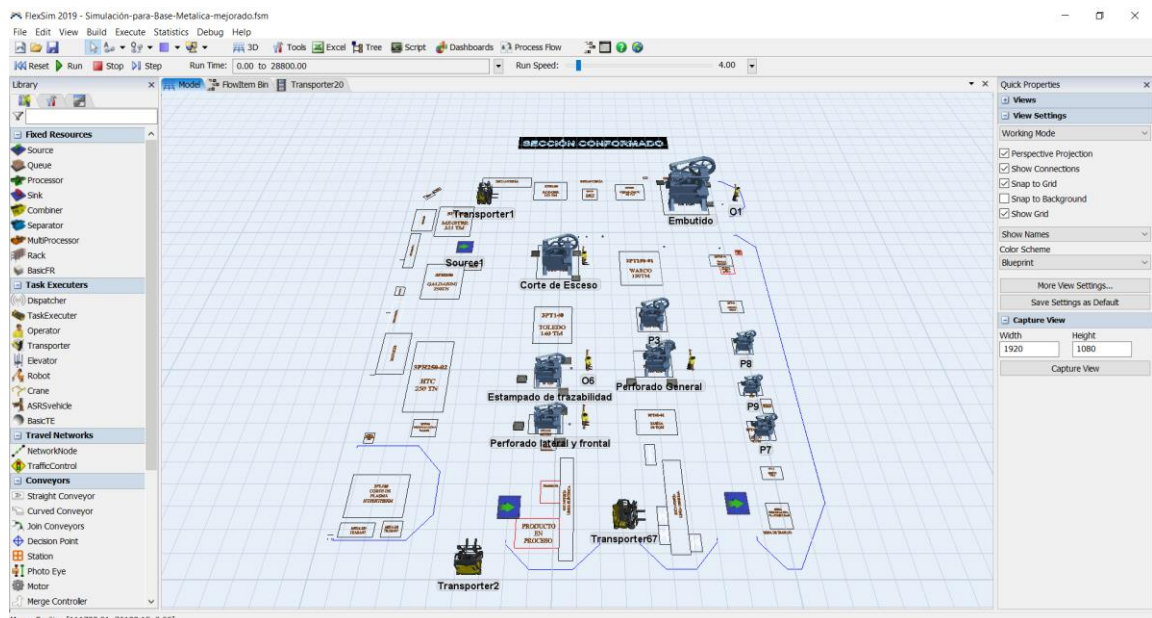
Asimismo, se establece los parámetros como capacidad, velocidad, tiempos de carga entre otros para que el montacargas pueda realizar el trabajo asignado como se muestra en la tabla 141.

Tabla 141 Configuración transporter para proceso de Embutido de BM



Resultados obtenidos en FlexSim

Se debe tener en cuenta que las operaciones son realizadas de manera secuencial una a una de forma se cumpla el cambio de matriz en la maquinaria en el tiempo establecido, además de la capacidad de producción. En la figura 32 se muestra el modelo a ser usado para la simulación.



Antes de SMED

El desempeño que se obtiene en la simulación antes de aplicar SMED describe los datos calculados con anterioridad por el investigador en la tabla 84, mostrando los valores tanto para el cambio de matriz y la capacidad de producción como se ve en la figura 33.

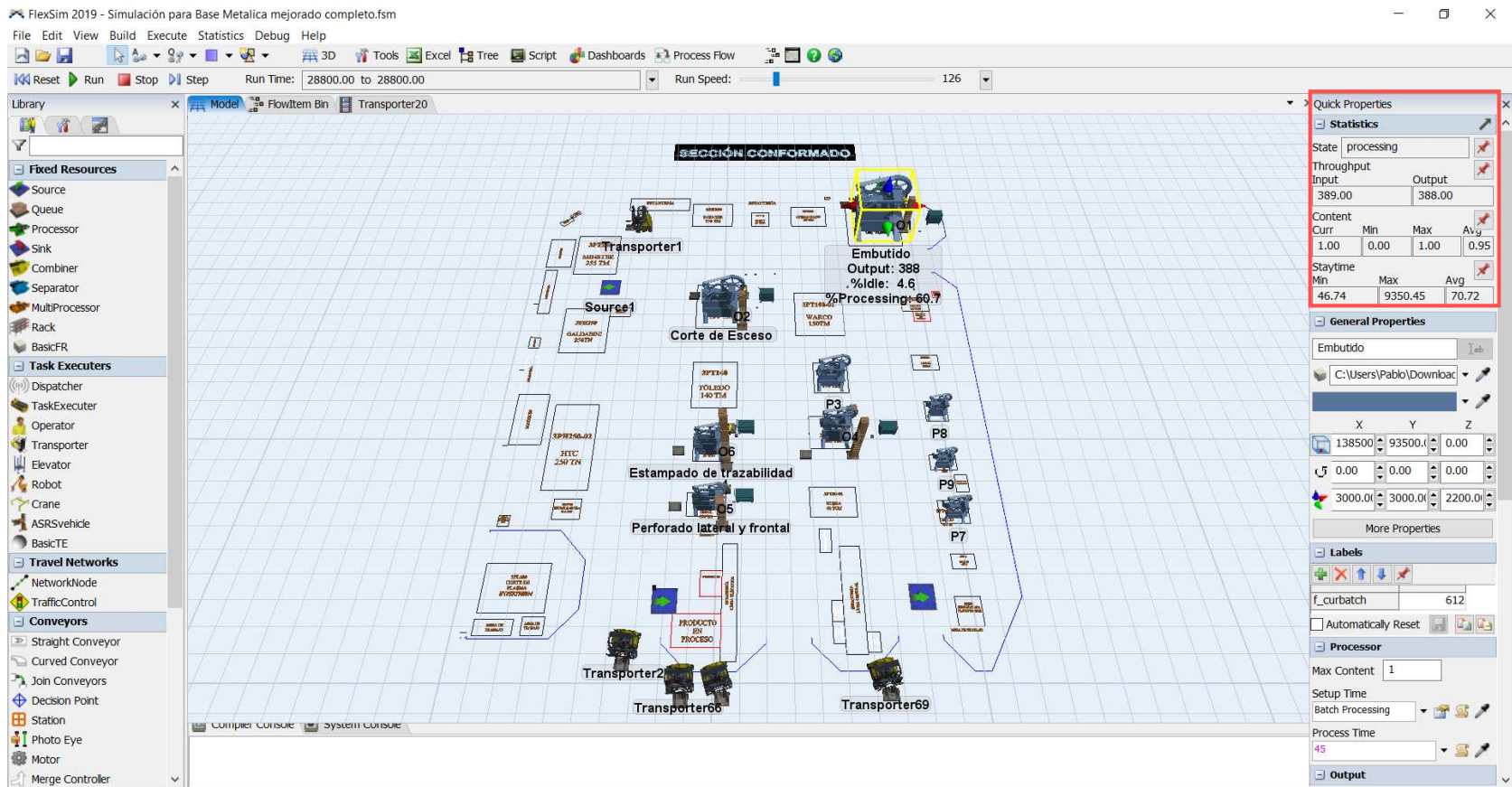


Fig. 33 Cp del proceso de Embutido de BM - antes de SMED

En la tabla 142 se presenta un resumen acerca de la Cp antes de la aplicar SMED.

Tabla 142 Comparación de Cp calcula vs FlexSim – antes de SMED

N.	Nombre	Proceso	Cp Real (unidades/día)	Cp FlexSim (unidades/día)	Δ Cp (unidades/día)
1	Base Metálica	Embutido	379	388	-9
2		Corte de Exceso	441	457	-16
3		Perforado general	561	567	-6
4		Perforado lateral y frontal	531	539	-8
5		Estampado de trazabilidad	845	851	-6
6		Troquelado aireadores	663	663	0
7	Ángulo de Seguridad	Cortado, perforado y doblado	793	782	11
8	Riel Monofásico	Doblado de forma	1327	1300	27
9		Perforado	1366	1388	-22
10	Rejilla Metálica	Perforado general	1062	1077	-15
11		Doblez	1167	1179	-12
12	Tapa Metálica	Embutido	401	413	-12
13		Corte de exceso	441	459	-18
14		Rebordeado	530	544	-14
15		Perforado de ventana y compuerta	620	620	0
16		Estampado de logo EM	996	983	13
17		Estampado logo cliente	960	966	-6
18		Perforado tubo de seguridad	1000	994	6
19	Compuerta Metálica	Troquelado de forma	1366	1322	44
20		Doblado	1404	1429	-25
21	Tubo de Seguridad	Doblado	1648	1633	15
22		Perforado	1454	1461	-7
23	Ángulo de Compuerta	Troquelado de forma	1206	1206	0
24		Doblado	1654	1659	-5
Promedio de ΔCp (unidades/día)					12

El modelo presentado antes de la aplicación de SMED muestra de manera visual como se van desarrollando los procesos de conformado con su respectivo periodo de tiempo predeterminado, en donde es fácil notar el extenso tiempo que conlleva la preparación de maquinaria con respecto al procesamiento de los productos, por lo cual la simulación permite al investigador un análisis más directo para realizar mejoras en el proceso estudiado. Se establece los valores calculados tanto por el investigador como el software FlexSim para poder compararlos y establecer el promedio de Δ Cp de 12 unidades/día, por lo que representa un valor bueno que no altera de mayor manera lo establecido.

Después de SMED

El desempeño que se obtiene en la simulación después de aplicar SMED describe los datos calculados con anterioridad por el investigador en la tabla 137, mostrando los valores para el cambio de matriz y la capacidad de producción como se ve en la figura 34.

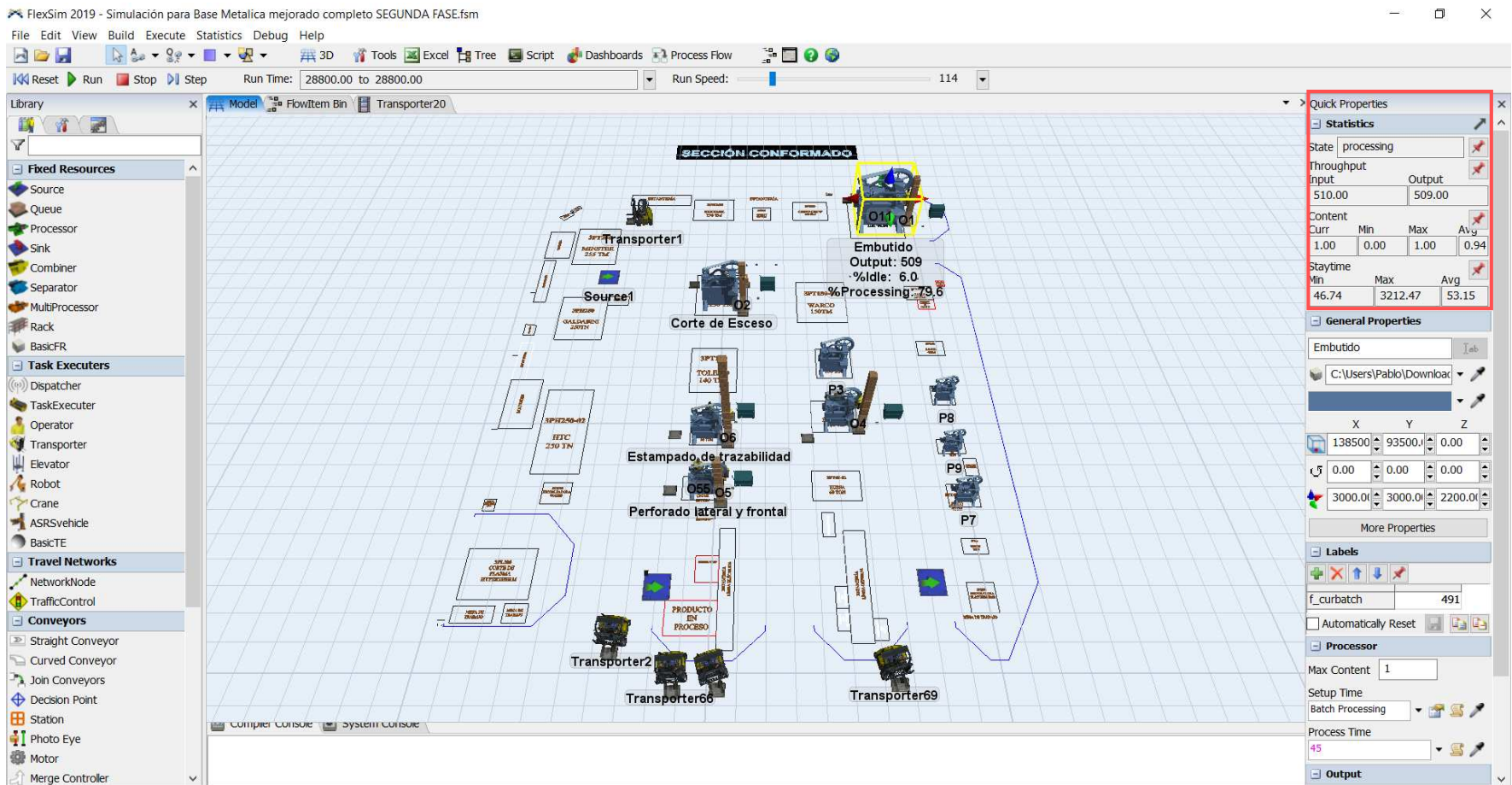


Fig. 34 Cp del proceso de Embutido de BM - después de SMED

En la tabla 143 se presenta un resumen acerca de la Cp después de aplicar SMED.

Tabla 143 Comparación de Cp calcula vs FlexSim – después de SMED

N.	Nombre	Proceso	Cp Real (unidades/día)	Cp FlexSim (unidades/día)	Δ Cp (unidades/día)
1	Base Metálica	Embutido	519	509	10
2		Corte de Exceso	594	571	23
3		Perforado general	724	701	23
4		Perforado lateral y frontal	642	624	18
5		Estampado de trazabilidad	1095	1017	78
6		Troquelado aireadores	845	845	0
7	Ángulo de Seguridad	Cortado, perforado y doblado	1199	1172	27
8	Riel Monofásico	Doblado de forma	1724	1706	18
9		Perforado	1734	1756	-22
10	Rejilla Metálica	Perforado general	1303	1318	-15
11		Doblez	1322	1334	-12
12	Tapa Metálica	Embutido	561	547	14
13		Corte de exceso	594	568	26
14		Rebordeado	685	650	35
15		Perforado de ventana y compuerta	770	731	39
16		Estampado de logo EM	1205	1174	31
17		Estampado logo cliente	1060	1066	-6
18		Perforado tubo de seguridad	1196	1190	6
19	Compuerta Metálica	Troquelado de forma	1734	1698	36
20		Doblado	1858	1883	-25
21	Tubo de Seguridad	Doblado	2214	2199	15
22		Perforado	1909	1893	16
23	Ángulo de Compuerta	Troquelado de forma	1789	1711	78
24		Doblado	2270	2275	-5
Promedio de ΔCp (unidades/día)					24

La simulación después de SMED permite conocer de forma representativa la efectuación de los procesos de conformado, en donde se considera un nuevo tiempo de preparación de maquinaria dada la intervención de 2 operadores que permite reducir considerablemente este tiempo y se consiga un mayor periodo para producir más productos, por lo que se observa evidentemente que existe una mayor agilidad en los procesos y en la capacidad de producción. El valor obtenido del promedio de Δ Cp es de 24 unidades/día, por lo que representa un valor bueno que no altera de mayor manera lo establecido.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Mediante los datos proporcionados por el departamento de ventas se pudo centrar el estudio en los productos pertenecientes a la línea eléctrica, en donde se consiguió un análisis ABC que demostró que la empresa Ecuamatrix Cía. Ltda. posee como producto de mayor demanda en el mercado a las cajas metálica bifásica 300 x 200 x 100 marco plástico EEASA, la cual ha generado una gran ganancia para la empresa con un porcentaje de participación del 27.96% durante el periodo enero – junio 2019.

- Gracias a la realización del estudio de tiempos para cada máquina implicada en los procesos de conformado del producto estudiado, se pudo determinar los tiempos estándares actuales en los cambios de matrices en donde la máquina 3PH100 posee el mayor tiempo de Set Up con 155.08 min y la 3PT25 el menor con un valor de 36.05 min, asimismo se estableció las capacidades de producción para cada proceso considerando para su cálculo la influencia que tiene el tiempo de ciclo con el tiempo total de operación y que de esta manera no se afecte la producción cuando se trabaje con tamaño de lote pequeño o de 300 unidades como en este caso.

- A través del uso del Mapa de Flujo de Valor se observó ampliamente la secuencia del proceso con su respectivo tiempo de valor agregado tanto para la base metálica 300 x 200 x 80 con 3.57 min/unidad y como para la tapa metálica 300 x 200 x 20 con 3.59 min/unidad. Además, se muestra la evidente diferencia entre los tiempos

de ciclo de operación y tiempos elevados en los procesos de preparación de maquinaria generando así desperdicios de tiempo en los mismos, por lo que fue factible la utilización de explosiones Kaisen para el establecimiento de oportunidades de mejora como la utilización de la metodología SMED y de esta manera desarrollar una fuerte ventaja competitiva en la empresa.

- Durante la aplicación de cada etapa que conforma la metodología SMED se pudo reducir el porcentaje promedio de tiempo de preparación de maquinaria en un 66.29 % y convertirlo en tiempo productivo, logrando que la mejora promedio de la capacidad de producción en un 28.91% lo cual resulta favorable para la empresa al permitirle ser más competitiva y flexible en sus pedidos, ya que la demanda se dirige en ocasiones a cantidades pequeñas de un mismo producto debido a la diversidad de productos ofertados al mercado y las propias exigencias del cliente.
- Al ejecutar el software FlexSim se puede notar que el modelo planteado para la simulación al ser configurado con los tiempos de preparación de maquinaria y tiempos de ciclo de los procesos de conformado calculados previamente por el investigador demuestran que, los valores obtenidos en las capacidades de producción son cercanos ya que se muestran los promedios de ΔC_p antes de aplicar SMED con 12 unidades/día y después con 24 unidades/día por lo que la simulación no afecta mayormente a los resultados del caso de estudio planteado en la empresa Ecuamatrix Cía. Ltda. y se puede confiar en su uso.

4.2 Recomendaciones

- Mantener todos los aspectos que conllevan la aplicación de la metodología SMED en las máquinas, sin la omisión de alguna de las etapas ya sea del estudio de preparación de cambio, separación de actividades internas y externas, conversión y perfeccionamiento de las mismas, para así tener cada vez un mayor ahorro de tiempos de preparación de maquinaria y por consecuencia un aumento de la capacidad de producción en los productos.
- Motivar a los operarios a trabajar en equipo sobre todo cuando se presente el proceso de preparación de maquinaria, mediante dinámicas con el instructivo de cambio de matriz presentado en el Anexo 11 para lograr una mayor colaboración y desarrollo de sus diferentes actividades, de la misma manera si se realiza mejoras en el proceso no olvidar actualizar dicho instructivo.
- Se sugiere que la empresa realice otros estudios sobre la preparación de las maquinarias debido a que cuenta con una gran diversidad de productos que se producen por pequeños lotes, además que existe una significativa variación con respecto a los tiempos de cambio de matriz y tiempos de ciclo de operación que no es conveniente ya que limita de cierta manera la capacidad de producción.
- Poseer un kit de herramientas para cada máquina del área de conformado y de esta manera evitar transportes, esperas innecesarias, pérdidas de herramientas, que retrasen la planificación de la producción. Asimismo, para mantener un mayor control sobre el inventario y disponibilidad de las herramientas con sus respectivos responsables.

Referencias Bibliográficas

- [1] J. Cruz, M. B.-I. de Negocios, and U. 2017, “SMED: El camino a la flexibilidad total,” *revistainnovaciones.uanl.mx*, p. 277, 2017.
- [2] PRO ECUADOR, “Metalmecánica y Automotriz: – PRO ECUADOR,” 2017. [Online]. Available: <https://www.proecuador.gob.ec/metalmecanica-y-automotriz/>. [Accessed: 02-Sep-2019].
- [3] E. A. de A. Querido, D. A. Santos, J. S. Esteves, and V. da S. Santos, *Latin American journal of business management : LAJBM*, vol. 6, no. 2. 2015.
- [4] S. Ecuador, Á. De Gestión, B. Irene, and L. Sandoval, “Universidad Andina Simón Bolívar,” 2016.
- [5] J. González Alonso, Y. Pérez González, and W. R. J. Silva, *Análisis de las revistas latinoamericanas de Acceso Abierto: el caso Ecuador*, vol. 5, no. 15(2). MISC, 2015.
- [6] Ekos, “Situación del sector metalmecánico y su importancia en la economía ecuatoriana | Ekos Negocios,” 2018. [Online]. Available: <https://www.ekosnegocios.com/articulo/situacion-del-sector-metalmecanico-y-su-importancia-en-la-economia-ecuatoriana>. [Accessed: 02-Sep-2019].
- [7] Ministerio de Industrias y Productividad, “Mipro fomenta el crecimiento de la industria en Tungurahua – Ministerio de Industrias y Productividad,” 2017. [Online]. Available: <https://www.industrias.gob.ec/mipro-fomenta-el-crecimiento-de-la-industria-en-tungurahua/>. [Accessed: 02-Sep-2019].
- [8] Grupo de Investigación Eumed.net., *Observatorio de la economía latinoamericana*. Eumed.net.
- [9] La Hora, “Ecuamatrix, empresa ambateña líder en matricería y troquelado : Noticias Tungurahua : La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo,” 11 Febrero, 2018. [Online]. Available: <https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102135154/ecuamatrix-empresa-ambatena-lider-en-matriceria-y-troquelado>. [Accessed: 30-Aug-2019].
- [10] S. Olivos Aarón and J. W. Penagos Vargas, “Modelo de Gestión de Inventarios:

- Conteo Cíclico por Análisis ABC,” INGENIARE, no. 14, p. 107, Jan. 2013, doi: 10.18041/1909-2458/ingeniare.14.617.
- [11] M. Barrionuevo, “Integración de la metodología de cambio rápido de herramienta (SMED) para evaluación del proceso de Troquelado en Industrias de Manufactura de Calzado de Cuero,” Universidad Técnica de AMbato, 2017.
- [12] D. Hdz, “Introducción al estudio del trabajo, 4ta Edición George Kanaway FREELIBROS.ORG.” .
- [13] N. Leonor, T. Díaz, G. Soler, A. Isabel, P. Molina, and V. G. Soler, “METHODOLOGY OF STUDY OF TIME AND MOVEMENT; INTRODUCTION TO THE GSD,” pp. 39–49, 2017, doi: 10.17993/3cemp.2017.especial.39-49.
- [14] G. Gaibort, “Mejora de la Productividad con herramientas de Manufactura Esbelta para el área de confección de bividis en la empresa M&B textiles,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [15] A. S. Torrents, F. coaut G. Vilda, and I. coaut A. Postils, Manual práctico de sistemas productivos. Ediciones Díaz de Santos, 2014.
- [16] L. Socconini, “Lean Manufacturing. Paso a paso,” 2019.
- [17] J. C. Hernández Matias and A. Vizán Idoipe, Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación medio ambiente industria y energía. 2015.
- [18] T. Sanfeliu Montolio and M. Montaña Armijos, “Metodología para mejorar un proceso de ensamble aplicando el mapeo de Cadena de Valor (VSM),” Guayaquil, 1, 31–38, 2018.
- [19] D. Santiago, A. Salazar, and M. Ambato -Ecuador, “Gestión de la producción para reducir desperdicios de tiempo del proceso de aparado utilizando la metodología de cambio rápido de herramientas (SMED) en Industrias de manufactura de Calzado de Cuero,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [20] S. Shingo, Una revolucion en la produccion, 3era ed. Routledge, 2017.
- [21] L. Empresa Mega Santa Cruz, L. Gustavo Bonilla Borja TUTOR, and I. Edison Patricio Jordán Hidalgo, ““REINGENIERÍA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS BUS TIPO CA.PO.LI IX TREE EN,” Ecuador, 2018.

- [22] M. Díaz, “Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba,” 2018.
- [23] S. Cordova and J. Jose, “PROPUESTA DEL MODELO DE SIMULACIÓN FLEXSIM PARA LA EMPRESA TEXTINDUSTRIA S.A: PARA LA MEJORA COMPETITIVA DEL SECTOR INDUSTRIAL,” Ecuador, 2019.
- [24] M. Elena Naranjo Pico and I. Juan Correa Jácome, “Diseño de un Sistema de Control de la producción para la empresa Euamatrix Cía. Ltda.,” Universidad Técnica de AMbato, Ambato, 2016.

Anexos

Anexo 1: Suplementos por descanso

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hombres	Mujeres			Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales		5	7				
B. Suplemento base por fatiga		4	4				
2. SUPLEMENTOS VARIABLES		Hombres	Mujeres			Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4	4			45
B. Suplemento por postura anormal				2			100
Ligeramente incómoda		0	1				
incómoda (inclinado)		2	3				
Muy incómoda (echado, estirado)		7	7				
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)							
Peso levantado [kg]							
2,5		0	1				
5		1	2				
10		3	4				
25		9	20				
35,5		22	---				
D. Mala iluminación							
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0				
Bastante por debajo		2	2				
Absolutamente insuficiente		5	5				
E. Condiciones atmosféricas							
Índice de enfriamiento Kata							
16			0				
8			10				
				F. Concentración intensa			
				Trabajos de cierta precisión		0	0
				Trabajos precisos o fatigosos		2	2
				Trabajos de gran precisión o muy fatigosos		5	5
				G. Ruido			
				Continuo		0	0
				Intermitente y fuerte		2	2
				Intermitente y muy fuerte		5	5
				Estridente y fuerte			
				H. Tensión mental			
				Proceso bastante complejo		1	1
				Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos		4	4
				Muy complejo		8	8
				I. Monotonía			
				Trabajo algo monótono		0	0
				Trabajo bastante monótono		1	1
				Trabajo muy monótono		4	4
				J. Tedio			
				Trabajo algo aburrido		0	0
				Trabajo bastante aburrido		2	1
				Trabajo muy aburrido		5	2

Fig. 35 Suplementos por descanso OIT [14]

Anexo 2: Formato para registro de tiempos

Tabla 144 Formato para registro de tiempos

Cálculo de Tiempo Normal (TN)								
Proceso:		Realizado por:			Cronometraje:			
Máquina:		Revisado por:			Estudio N°:			
N.	Descripción de Elementos	Ciclo (min)			Resumen			
		1	2	3	ΣT	T Prom.	Fd.	TN
1								
2								
3								
4								
							TN (min)	
Nota: T = Total, Prom. = Promedio, Fd.= Factor de desempeño, TN = Tiempo Normal								

Anexo 3: Formato para registro de cálculo de suplementos por descanso

Tabla 145 Formato para registro de cálculo de suplementos por descanso

Cálculo de Suplementos (S)			N.
Área:	Género del operador:	Realizado por:	
Proceso:	Máquina:	Fecha:	
Suplementos Constantes	A.	Necesidades personales	Valor
	B.	Fatiga	
Suplementos Variables	A.	Trabajo de Pie	
	B.	Postura anormal	
	C.	Fuerza	
	D.	Mala iluminación	
	E.	Condiciones atmosféricas	
	F.	Condición intensa	
	G.	Ruido	
	H.	Tensión Mental	
	I.	Monotonía	
	J.	Tedio	
Total			

Anexo 4: Formato para registro de cálculo de tiempo estándar

Tabla 146 Formato para registro de cálculo de tiempo estándar

Cálculo de Tiempo Estándar (TS)				
N.	Máquina	Tiempo Normal (min)	Suplementos	Tiempo Estándar (min)

ENTREVISTA

1. ¿Cuál es su nombre?

Klever Vásquez

2. ¿Cuánto tiempo desempeña el cargo de líder del área de conformado?

14 años

3. ¿Se ha realizado algún estudio de tiempos y movimientos en el cambio de matriz?

No, solo estudio de tiempos para la fabricación de los productos de las diferentes líneas.

4. ¿Se encuentra establecido el proceso de cambio de matriz?

Los operarios son capacitados al momento que empiezan a trabajar en el área, en donde se les enseña los pasos que deben seguir para realizar el cambio de matriz en la maquinaria.

5. ¿Cree usted que es necesario realizar cambios de matrices más rápido?

Si, debido a que se pierde tiempo en el cual se pudiera estar produciendo más productos.

6. ¿Piensa que se requiere de más personal para realizar cambios más rápidos?

Se podría considerar dependiendo el tamaño de la matriz, por otro lado, se debe inculcar más conocimiento en el personal.

7. Mencione las herramientas que se necesiten en el cambio de matriz:

Coche de herramientas con: Llaves mixtas de 24” y 28”, pernos, alzas, soporte (paralelas), espárragos, bridas, tuercas hexagonales, rodela, tuercas “T”, ranuras “U”.

8. Mencione las herramientas que no se dispongan para el cambio de matriz:

Especialmente hace falta tuercas “T” y espárragos.

9. ¿Qué tan fácil se puede identificar una matriz?

Es fácil para el personal que cuenta con experiencia, además cada matriz se caracteriza por estar pintada de acuerdo a la línea de fabricación a la que pertenece, por ejemplo, para la línea eléctrica es azul.

10. ¿Cuáles son los típicos problemas al realizar el cambio de matriz?

Principalmente buscar las herramientas necesarias para el cambio y segundo que algunas herramientas se encuentran desgastadas por lo que se requiere mayor tiempo de ajuste.

11. ¿Cuáles cambios cree que se pudiera aplicar de forma inmediata?

El implemento de tuercas “T”, una reorganización en los coches de herramientas ya que no se sabe tener a la mano lo que se necesita.


Anexo 7: Formato lista de herramientas

Tabla 147 Formato lista de herramientas

		LISTADO DE HERRAMIENTAS						
		Área: CONFORMADO						
COCHE #1								
N.	Código	Cantidad	Herramienta	Revisión Mensual				Observación
				S1	S2	S3	S4	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Elaborado por:							Responsable:	
Aprobado por:							Fecha:	

Anexo 8: Formato de chequeo para limpieza en coches de herramientas

Tabla 148 Formato lista de chequeo para limpieza en coches de herramientas

		LISTA DE CHEQUEO DE LIMPIEZA EN COCHES DE HERRAMIENTAS					
		Área: CONFORMADO					
N.	Puntos a chequear	Revisión mensual				Observaciones	
		S1	S2	S3	S4		
1	Eliminación de polvo acumulado en el exterior del coche.						
2	Retiro de suciedad de paredes y repisas internas del coche.						
3	Eliminación de suciedad en las ruedas del coche.						
4	Retiro de grasas en herramientas de trabajo.						
5	Retiro de grasas en estuches porta herramientas.						
6	Despeje de material no especificado en las hojas de control						
7	Comprobación de material especificado en hojas de control.						
Elaborado por:				Responsable:			
Aprobado por:				Fecha:			

Anexo 9: Formato de representación esquemática de actividades en paralelo

Tabla 149 Formato de representación esquemática de actividades en paralelo

Operario 1	TIEMPO (min)	Operario 2	TIEMPO (min)
TOTAL		TOTAL	

Anexo 10: Tabla de colores para movimientos fundamentales de manos

Nombre del símbolo	Símbolo del Therblig	Explicación sugerida por	Color	Símbolo del color	Nº del lápiz "Dixon"	Nº del lápiz "Eagle"
Buscar	B		Negro		331	747
Seleccionar	S		Gris claro		399	734½
Coger	C		Rojo claro		369	744
Transporte en vacío	TV		Verde oliva		391	739½
Transporte con carga	TC		Verde		375	738
Sostener	So		Ocre dorado		388	736½
Dejar la carga	Dc		Rojo carmin		370	745
Poner en posición	PP		Azul		376	741
Dejar en posición	DP		Azul cielo		394	740½
Inspeccionar	I		Ocre tostado		398	745½
Montar	M		Violeta oscuro		377	742
Desmontar	D		Violeta claro		377	742
Utilizar	U		Morada		396	742½
Espera inevitable	EI		Ocre amarillo		373	736
Espera evitable	EE		Amarillo limón		374	735
Planear	PI		Marrón		378	746
Descanso para superar la fatiga	DF		Naranja		372	737

Fig. 37 Colores para movimientos fundamentales de manos [27]

