

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORA PARA DISMINUIR EL TIEMPO DE
PREPARACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA SMED
EN LA EMPRESA ESCAPES MONTERREY S.A. DE C.V.,
PLANTA APODACA, NUEVO LEÓN.

DESARROLLADO POR:

GALDÁMEZ VÁZQUEZ FAVIAN - (05270381)
DÍAZ COUTIÑO MANUEL DE JESÚS - (05270376)

ASESOR:

DR.ING. ELÍAS NEFTALÍ ESCOBAR GÓMEZ

REVISOR:

M.C. SABINO VELÁZQUEZ TRUJILLO

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, ENERO DEL 2010



APODACA, NUEVO LEON. 07/12/2009



ASUNTO: CARTA DE LIBERACION.

DR. DANIEL SAMAYOA PENAGOS.
JEFE DEL DEPTO. DE GESTIÓN TECNOLÓGICA
Y VINCULACIÓN.
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GTZ.
CHIAPAS MÉXICO.

PRESENTE.

Por medio de la presente me permito informarle que el **C. Favian Galdámez Vázquez** alumno del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, de la carrera de **Ingeniería Industrial**, con numero de control **05270381**, termino su residencia profesional en esta empresa, con el proyecto "**Propuesta de mejora para disminuir el tiempo de preparación aplicando la metodología SMED en la empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. planta Apodaca, Nuevo León**", habiendo cubierto un total de 640 horas.

Sin más por el momento me despido.

ATENTAMENTE
ESCAPES MONTERREY S.A. DE C.V.

CP. José G. Garza Garza,
Director General.



APODACA, NUEVO LEON. 07/12/2009



ASUNTO: CARTA DE LIBERACION.

**DR. DANIEL SAMAYOA PENAGOS,
JEFE DEL DEPTO. DE GESTIÓN TECNOLÓGICA
Y VINCULACIÓN,
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GTZ.
CHIAPAS MÉXICO.**

PRESENTE.

Por medio de la presente me permito informarle que el C. **Manuel De Jesús Díaz Coutiño** alumno del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, de la carrera de **Ingeniería Industrial**, con numero de control **05270376**, termino su residencia profesional en esta empresa, con el proyecto "**Propuesta de mejora para disminuir el tiempo de preparación aplicando la metodología SMED en la empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. planta Apodaca, Nuevo León**", habiendo cubierto un total de 640 horas.

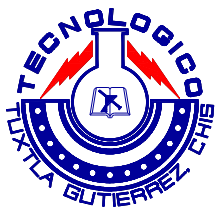
Sin más por el momento me despido

ATENTAMENTE

ESCAPES MONTERREY S.A. DE C.V.

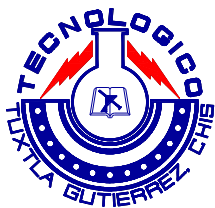
CP. José G. Garza Garza.

Director General.

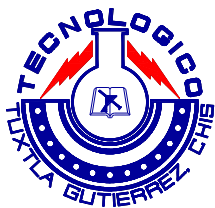


Índice

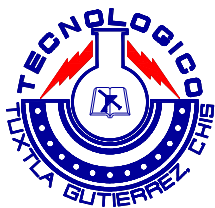
Capítulo			Contenido	Página
			Introducción	1
1			Caracterización del proyecto	4
	1.1		Planteamiento del problema	5
		1.1.1	Antecedentes	5
		1.1.2	Definición del problema	8
	1.2		Objetivos del proyecto	9
		1.2.1	General	9
		1.2.2	Específicos	9
	1.3		Justificación	9
	1.4		Delimitación del proyecto	10
2			Descripción general de la empresa	11
	2.1		Características de la empresa	12
		2.1.1	Giro	12
		2.1.2	Misión	12
		2.1.3	Visión	13
		2.1.4	Política de calidad	13
		2.1.5	Valores	13
	2.2		Ubicación de la empresa	14
		2.2.1	Macrolocalización	14
		2.2.2	Microlocalización	17
	2.3		Productos en el mercado	20
	2.4		Distribución de planta	22
3			Fundamento teórico	28
	3.1		El sistema SMED	29



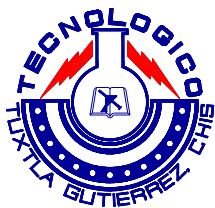
Capítulo		Contenido	Página
	3.1.1	Pasos básicos en el procedimiento de preparación	30
	3.1.2	La importancia del SMED en las empresas	30
	3.1.2.1	Las dificultades de la producción en grandes lotes	31
	3.1.2.2	Beneficios del SMED para las empresas	31
	3.1.2.3	Beneficios del SMED para el personal	32
	3.1.3	Función del sistema SMED	33
	3.1.4	Funcionamiento del sistema SMED	34
	3.1.5	Aplicación del sistema SMED	36
	3.1.5.1	Etapas conceptuales:	36
	3.1.5.2	Etapas preliminar	36
	3.1.5.3	Primera etapa: separar las tareas internas y externas	37
	3.1.5.4	Segunda etapa: convertir tareas internas en externas	37
	3.1.5.5	Tercera etapa: perfeccionar las tareas internas y externas	39
4		Métodos y herramientas utilizados	41
	4.1	5 S's	42
	4.1.1	Seiri	43
	4.1.2	Seiton	44
	4.1.3	Seiso	45
	4.1.4	Seiketsu	45
	4.1.5	Shitsuke	46
	4.1.6	Consecuencias	47
	4.2	Rediseño o modificaciones de maquinaria	47
	4.3	Análisis de factibilidad	48
	4.3.1	Valor Presente Neto (VPN)	48



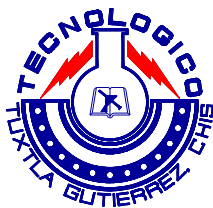
Capítulo			Contenido	Página
	4.3.2		Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR)	50
4.4			Poka-Yoke	51
	4.4.1		Los Cinco Mejores Poka-Yoke	52
	4.4.2		Las funciones básicas del Poka-Yoke	53
	4.4.3		Sugerencias para establecer Poka-Yoke	53
	4.4.4		Mecanismos de detección usados en el Poka-Yoke	54
		4.4.4.1	Mecanismo de contacto	55
		4.4.4.2	Mecanismo sin contacto	55
		4.4.4.3	Los Ocho Principios de Mejora Básica para el Poka-Yoke y el cero defectos (Hirano, 1988)	56
5			Metodología propuesta	57
	5.1		Metodología del plan de mejoramiento	58
	5.2		Análisis preliminar de la línea	61
		5.2.1	Descripción de las estaciones de trabajo	67
		5.2.2	Identificación de restricciones	89
	5.3		Aplicación de SMED en la Estación de Sellado de Forro	94
		5.3.1	Análisis preliminar de las tareas del cambio de herramienta	94
		5.3.2	Transformación de tareas internas a externas	95
		5.3.2.1	Situación actual	95
		5.3.3	Propuesta de Mejoramiento I	98
		5.3.3.1	Para las operaciones de montaje de flecha	98
		5.3.3.2	Propuesta de mejora en montaje de mordazas	105
		5.3.3.3	Propuesta de mejora en ajuste de topes	110
		5.3.3.4	Sugerencias de mejora, seguimiento y control para el perfeccionamiento de la preparación	114
		5.3.3.5	Resultados teóricos a obtener con estas	114



Capítulo			Contenido	Página
			propuestas	
	5.3.4		Propuesta de Mejoramiento II	127
		5.3.4.1	Rediseño de flecha, mordazas y topes	127
		5.3.4.2	Resultados teóricos a obtener con esta propuesta	135
	5.3.5		Conclusión	139
	5.3.6		Identificación de la siguiente restricción	140
5.4			Aplicación de SMED en la estación de Corte de Tapas	140
	5.4.1		Análisis preliminar de las tareas del cambio de herramienta	140
	5.4.2		Transformación de tareas internas a externas	141
	5.4.3		Propuestas de mejora para Corte de Tapas	143
		5.4.3.1	Aplicar 5 S's	143
		5.4.3.2	Compra de llaves faltantes	146
		5.4.3.3	Compra de un apilador manual	147
		5.4.3.4	Resultados esperados	147
5.5			Aplicación de SMED en la estación de Corte de Separadores	156
	5.5.1		Etapa preliminar	156
	5.5.2		Propuestas de mejora para la estación de Corte de Separadores	160
		5.5.2.1	Aplicar 5 S's	160
		5.5.2.2	Compra de llaves faltantes	162
		5.5.2.3	Compra de un apilador manual	163
		5.5.2.4	Resultados esperados	163
5.6			Aplicación de SMED en la estación de Troquelado de Separadores	173
	5.6.1		Etapa preliminar	173
	5.6.2		Propuestas de mejora para la estación de	175



Capítulo			Contenido	Página
			Troquelado de Separadores	
		5.6.2.1	Aplicar 5 S's	175
		5.6.2.2	Compra de llaves faltantes	178
5.7			Aplicación de SMED en la estación de Ensamble de Interiores	182
	5.7.1		Etapa preliminar	182
	5.7.2		Propuesta de mejora para la estación de Ensamble de Interiores	184
6			Capítulo 6	191
	6.1		Conclusiones	192
	6.2		Recomendaciones	194
			Fuentes	197
			Anexos	199



Lista de Tablas

Tabla	Contenido	Página
1.1	Ubicación de los Talleres	5
2.1	Departamentos o Puestos de Trabajo Directamente Relacionadas al Área de Producción	20
2.2	Catálogo de Productos de la Empresa	21
3.1	Pasos en un Proceso de Preparación de Máquinas(Shingo, 1997)	30
4.1	Significado de las 5 S's	42
5.1	Estaciones de Trabajo de la Línea de Mofle Regular	62
5.2	Asignación de Claves a las Estaciones Resultantes de la Tabla 5.1	64
5.3	Identificación de las Estaciones de Trabajo por Cada Área de la Línea	66
5.4	Descripción de la Estación de Corte de Tubo para Boquillas	68
5.5	Descripción de la Estación de Reducción / Ampliación de Boquillas	69
5.6	Descripción de la Estación de Corte de Tapas	70
5.7	Descripción de la Estación de Troquelado de Tapas	71
5.8	Descripción de la Estación de Ensamble Boquilla / Tapas	72
5.9	Descripción de la Estación de Corte de Forro	74
5.10	Descripción de la Estación de Estriado de Forro	75
5.11	Descripción de la Estación de Estampado de Forro	76
5.12	Descripción de la Estación de Sellado de Forro	77
5.13	Descripción de la Estación de Flanjeado	78
5.14	Descripción de la Estación de Ensamble de Interiores	79
5.15	Descripción de la Estación de Engargolado	80
5.16	Descripción de la Estación de Corte de Tubos Interiores	82
5.17	Descripción de la Estación de Sellado de Tubos Interiores	83

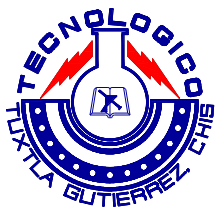


Tabla	Contenido	Pagina
5.18	Descripción de la Estación de Corte de Separadores	84
5.19	Descripción de la Estación de Troquelado de Separadores	85
5.20	Descripción de la Estación de Ensamble de Separadores / Tubos Interiores	87
5.21	Tiempos Promedio de Preparación	89
5.22	Porcentajes del Tiempo Total de Preparación	91
5.23	Descripción del Cambio de Herramienta en la Estación de Sellado de Forro	94
5.24	Diagrama de Operaciones de Producción	96
5.25	Diagrama de Operaciones de Cambio de Herramienta	97
5.26	Opción A. Apilador Hidráulico de Accionamiento y Tracción Manual	100
5.27	Opción B. Apilador Hidráulico de Accionamiento Manual	100
5.28	Opción C. Apilador Hidráulico de Accionamiento y Tracción Manual	101
5.29	Opción D. Apilador Eléctrico de Tracción Manual	101
5.30	Efectos Esperados con la Aplicación de las Propuestas de Mejora	114
5.31	Tiempos de Preparación Implementando la Propuesta de Mejora 1	115
5.32	Nuevo Diagrama de Operaciones de Cambio de Herramienta	117
5.33	Resultado Esperado de Esta Mejora	135
5.34	Descripción del Cambio de Herramienta y los Nuevos Tiempos de Operación para la Propuesta 2	136
5.35	Actividades de Preparación en la Estación de Corte de Tapas	140
5.36	Diagrama de Operaciones de Producción	142
5.37	Actividades para el Cambio de Herramientas	142
5.38	Lista de Llaves a Comprar	146
5.39	Actividades para el Cambio de Herramientas	147
5.40	Actividades del Operador en el Proceso de Preparación de	158

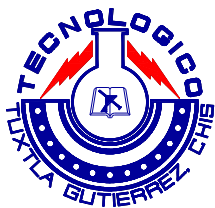


Tabla	Contenido	Página
	la Máquina	
5.41	Diagrama de Operaciones del Cambio de Herramienta	159
5.42	Lista de Llaves a Comprar	163
5.43	Actividades para el Cambio de Herramientas	164
5.44	Actividades del Operador en el Proceso de Preparación de la Máquina	174
5.45	Diagrama de Operaciones del Cambio de Herramienta	175
5.46	Lista de Llaves a Comprar	178
5.47	Actividades para el Cambio de Herramientas	179
5.48	Actividades del Cambio de Herramienta en la Estación de Ensamble de Interiores Separando Actividades Internas y Externas	183
5.49	Descripción de las Actividades del Cambio de Herramientas	183
5.50	Diagrama de Operación del Cambio de Herramienta y los Nuevos Tiempos	187
6.1	Resumen de las Propuestas para las Estaciones Analizadas	192
A-1	Corte de boquillas	200
A-2	(P01-02) Reducción / ampliación de boquillas	201
A-3	(P02-01) Corte de tapas	202
A-4	(P02-02) Troquelado de tapas	203
A-5	(P03-01) Ensamble boquilla / tapas	204
A-6	(P04-01) Corte de forro	205
A-7	(P04-02) Estriado de forro	206
A-8	(P04-03) Estampado de forro	206
A-9	(P04-04) Sellado de forro	207
A-10	(P05-01) Flanjeado	208
A-11	(P06-01) Corte de tubos interiores	209
A-12	(P06-02) Sellado de tubos interiores	210
A-13	(P07-01) Corte de separadores	211

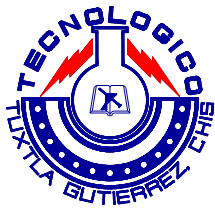
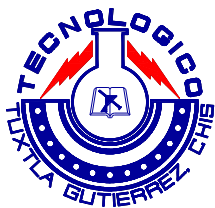
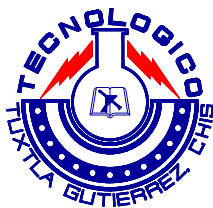


Tabla	Contenido	Pagina
A-14	(P07-02) Troquelado de separadores	212
A-15	(P08-01) Ensamble separadores / tubos interiores	213
A-16	(P09-01) Ensamble de interiores	214
A-17	(P10-01) Engargolado	215
A-18	Tiempos preliminares	216

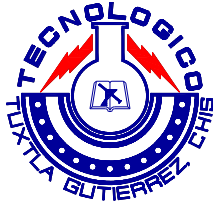


Lista de Figuras

Capítulo	Contenido	Página
1.1	Cross section del modelo 4 x 7 y del Redondo de 7 (D7).	6
1.2	Diagrama de Flujo de Pedido	7
2.1	Localización del Estado de Nuevo León en el País	15
2.2	Localización Municipio de Apodaca en el Estado de Nuevo León	16
2.3	Localización del Parque Industrial Huinala en el Municipio de Apodaca	17
2.4	Localización de la Empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. en el Parque Industrial Huinala	18
2.5	Organigrama de la Empresa	19
2.6	Ubicación de la Línea de Mofle Regular en la Planta	22
2.7	Descripción general de las actividades de la Línea de Mofle Regular	23
2.8	Localización de la Línea Air Flow 1 (AF-1) en la Planta	24
2.9	Descripción General de las Actividades de la Línea Air Flow 1 (AF-1)	25
2.1	Localización de la Línea Pesada en la planta	26
2.11	Descripción General de las Actividades de la Línea Pesada	27
5.1	Diagrama de Flujo del Sistema SMED	58
5.2	Línea de Mofle Regular Dividida en Áreas	65
5.3	Estaciones de Trabajo Correspondientes al Área 1	67
5.4	Estaciones de Trabajo Correspondientes al Área 2	73
5.5	Estaciones de Trabajo Correspondientes al Área 3	81
5.6	Estaciones de Trabajo Correspondientes al Área 4	86
5.7	Diagrama de Flujo de Proceso del Producto, las Estaciones con Nombre del Proceso no Utilizan Tiempo para Preparación de Maquinaria	88
5.8	Identificación de Restricciones	92



Capítulo	Contenido	Página
5.9	Diseño Actual del Portaflechas	102
5.1	Portaflechas Propuesto Instalado en Lugar del Actual	103
5.11	Dimensiones Generales del Modelo de Portaflechas Propuesto	104
5.12	Diseño Actual de Mordazas (Instaladas en la Máquina)	105
5.13	Diseño Actual de las Mordazas con Fijación Mediante Tornillos	106
5.14	Propuesta de Mordaza con Sistema de Fijación Poka-Yoke	107
5.15	Instalación de Sujetadores para Mordaza en el Balancín de la Máquina	108
5.16	Mordaza Propuesta Instalada en la Selladora	109
5.17	Topes Actuales (Instalados en la Selladora)	110
5.18	Diseño de Tope Propuesto (Instalado en la Máquina)	111
5.19	Ubicación del Eje Cero en la Flecha (Izquierda), Graduación de la Regla (Superior derecha) y Modo de Ajuste de la Carrera (Inferior derecha)	112
5.2	Modo de Ensamble para el Prototipo	113
5.21	Flecha Montada en la Máquina Selladora	128
5.22	Diseño General de las Flechas Actuales	129
5.23	Diseño de Flecha Propuesto	130
5.24	Mecanismo con el que Funciona la Inversión del Curso del Vástago	132
5.25	Instalación en la Máquina de la Flecha, Mordazas y Topes Nuevos	134
5.26	Disposición Actual de Las Mordazas	185
5.27	Diseño de las Nuevas Mordazas	186



Introducción

Hoy en día una de las prioridades de las empresas del ramo industrial es tener buenas cantidades de producción, aprovechar al máximo el tiempo y reducir el tiempo no productivo que se genera con el cambio de algunas herramientas.

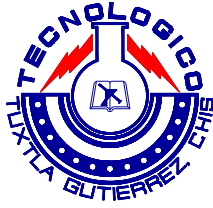
Eliminar el concepto de lote de fabricación reduciendo al máximo el tiempo de preparación de máquinas y de materiales, esta es en esencia la filosofía SMED, concebida por Shigeo Shingo para reducir el tiempo de preparación de las maquinas en minutos de un solo dígito.

Aunque existen un gran número de técnicas destinadas al incremento o mejora de la productividad, la reducción en los tiempos de preparación merece especial consideración.

Este es importante por que cuando el tiempo de cambio es alto, los lotes de producción son grandes y, por tanto, la inversión en inventario es elevada. Cuando el tiempo de cambio es insignificante se alcanza a producir diariamente la cantidad necesaria, eliminando casi totalmente la necesidad de invertir en inventarios.

Los métodos rápidos y simples de cambio eliminan la posibilidad de errores en los ajustes de herramientas y útiles. Los nuevos métodos de cambio reducen sustancialmente los defectos y suprimen la necesidad de inspecciones.

Con cambios rápidos se aumenta la capacidad de la máquina. Si las máquinas funcionan siete días a la semana, 24 horas al día, una opción para tener más capacidad, sin comprar máquinas nuevas, es reducir su tiempo de cambio y preparación.



Para lograr la disminución de los tiempos de preparación se necesita llevar a cabo un análisis de los procesos que realizan cambios de herramienta y a partir de allí tomar los procesos críticos para enfocarse en disminuir los tiempos de estas siguiendo la metodología SMED.

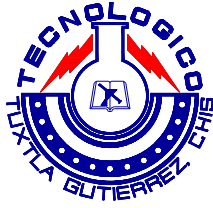
Para disminuir los tiempos en la Línea de Mofle Regular de la empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. este proyecto presenta los procesos correspondientes a esta línea y el análisis de los tiempos de cada uno de ellos, separando los críticos y atendiéndolos prioritariamente.

Para lograr el objetivo establecido se realizaron tomas de tiempos y análisis de estos, proponiendo al final las mejoras para las áreas de oportunidad encontradas.

Para alcanzar los objetivos de este proyecto se ha estructurado de la siguiente manera:

En los siguientes capítulos se describen los procesos por medio de los que algunas de las estaciones de trabajo en la Línea de Mofle Regular realizan el proceso de preparación de las máquinas, las herramientas de las que se ha valido este trabajo, al igual que las propuestas realizadas para la reducción del tiempo de preparación.

El trabajo fue realizado en cinco estaciones que se mencionaran posteriormente.



En el capítulo 1 se encuentra la definición del problema, los objetivos propuestos a alcanzar las razones y justificantes del problema, cuando y como surge el problema, las razones justificantes del proyecto y su delimitación.

El capítulo 2 habla de las características generales de la empresa como su ubicación, productos y política de calidad.

El capítulo 3 presenta una descripción de las herramientas utilizadas para el desarrollo de este proyecto.

En el capítulo 4 se localiza una descripción breve de todas las estaciones de trabajo que generan tiempo de preparación en el cambio de modelo y el análisis de las estaciones de trabajo seleccionadas con ayuda de los directivos de la empresa.

Al final del análisis de cada estación se encuentran las propuestas resultantes del análisis y un breve estudio de la factibilidad de la aplicación de tales propuestas.

Finalmente en el capítulo 5 se sugieren algunas propuestas generales que se aplican a toda la línea.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Antecedentes

En sus inicios, la empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. estaba dividida en seis talleres independientes, en los que cada uno se fabricaba modelos diferentes de mofles, identificando la ubicación de cada una como están presentadas en la **Tabla 1.1.**

Tabla 1.1. Ubicación de los Talleres
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Taller	Ubicación	Ocupación
1	Avenida Ruiz Cortinez 2424 oriente, colonia Moderna, Monterrey Nuevo León	Área de pintura
2, 3, 4 y 5	Calle Rafael Nájera 4119, colonia Venustiano Carranza, Monterrey Nuevo León	Departamento de producción, línea deportiva, tubería y oficinas administrativas
6	Avenida Ruiz Cortinez 2302 oriente, colonia Moderna, Monterrey Nuevo León	Departamento de compras y línea de mofle regular

Con la influencia del tiempo la demanda se incrementó, viéndose la necesidad de adquirir instalaciones modernas, para permitir la fusión de los talleres laborando como una sola planta y en consecuencia mejorar los procesos de producción y calidad en los productos.

Los modelos fabricados en la empresa se clasifican en familias de producción¹, clientes y *cross section* (Utilizada para efectos prácticos en el área de producción).

El *cross section* de un modelo no es más que las distancias en pulgadas del centro al centro de los arcos transversales y longitudinales que forman el contorno de la elipse del forro cuando el modelo es “Ovalado” y el diámetro cuando es “Redondo”. La **Figura 1.1** muestra un ejemplo del *cross section* del modelo 4 x 7 y del Redondo de 7 (D7).

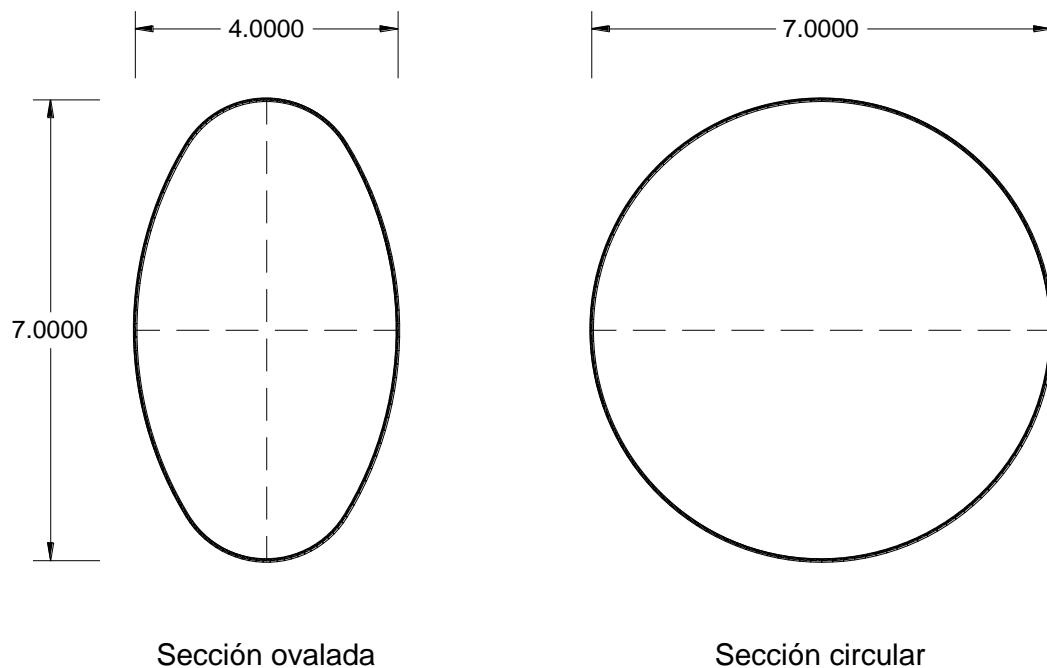


Figura 1.1 *Cross section* del modelo 4 x 7 y del Redondo de 7 (D7).
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

El *cross section* es una característica común en todos los modelos; estos son: 3 x 6, 4 x 7, 4 x 9, 5 x 9, 5 x 11, 7 x 9, D4, D5, D6, D7, TRI. Existe una gama de

¹ Las familias de producción son: Ford, Volkswagen, Chevrolet, etc.

productos de más de 400 modelos diferentes; y su *cross section* representa la característica más importante por la que estos se agrupan al elaborar el programa de producción; lo anterior se explica en la **Figura 1.2**.

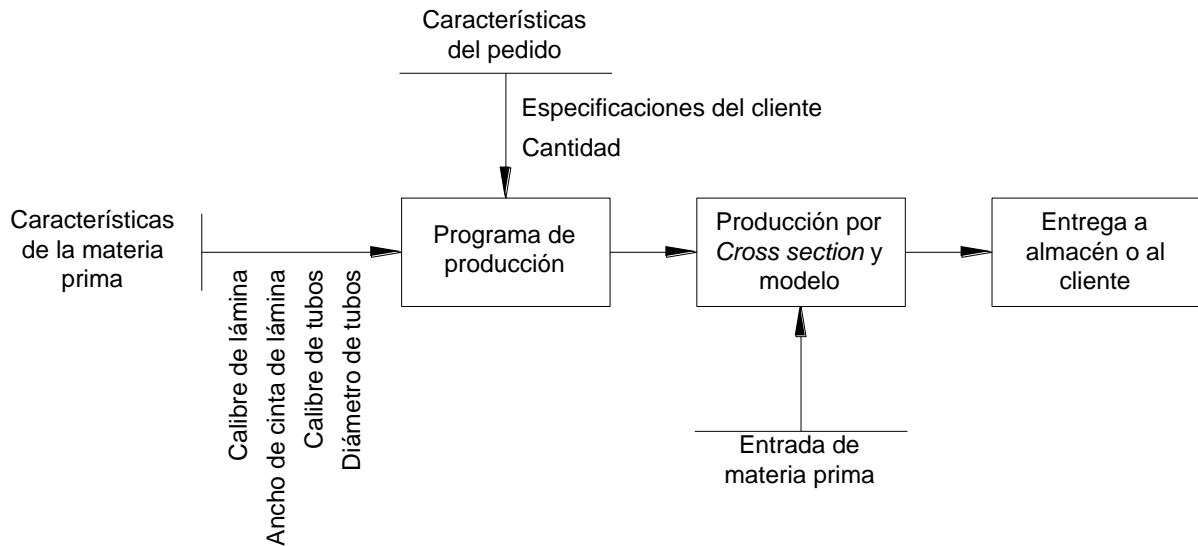


Figura 1.2 Diagrama de Flujo de Pedido
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Entre las características que pueden diferenciar a los distintos modelos se encuentran las siguientes:

- Número de tubos interiores
- Calibre de lámina
- Desarrollo de lámina
- Largo del cuerpo
- Forma
- Material
- Estampados y/o estriados

Esta cantidad de modelos distintos en su combinación genera pérdida de tiempo en el proceso productivo; debido a que los lotes a fabricar son pequeños es necesario preparar la maquinaria para los cambios que requieran.

La planta actual cuenta con varias líneas de producción donde se fabrican diversos modelos de mofles; particularmente, en la Línea de Mofle Regular (LMR) se manufacturan en promedio 1700 silenciadores por turno, de una gama de más de 400 modelos diferentes.

Los cambios de herramienta están en función del tipo de modelo a producir y de la necesidad del mercado.

Actualmente, entre un 3% y un 30% del tiempo del turno es utilizado para preparación de maquinaria; tomando en cuenta que, en promedio se realizan dos cambios de herramental por turno, y el tiempo máximo de demora es de 76 minutos.

1.1.2 Definición del problema

Inexistencia de un plan de mejoramiento para disminuir el consumo de tiempo excesivo en la preparación de la maquinaria en el cambio de modelos de mofles en producción.

1.2 Objetivos del proyecto

1.2.1 General

Disminuir el tiempo de preparación en la línea de producción de escapes en la empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V.

1.2.2 Específicos

- Incrementar la disponibilidad de las máquinas analizadas en la Línea de Mofle Regular
- Incrementar la capacidad de fabricación de lotes pequeños
- Disminuir los desplazamientos del operador
- Incrementar el compromiso del operador con su trabajo al hacer que se cumpla la instrucción de cambio

1.3 Justificación

La creciente globalización demanda una mayor competitividad para la permanencia de las empresas en el mercado, la empresa en cuestión experimenta un proceso de expansión de sus mercados nacional e internacional.

El plan propuesto permite reducir el tiempo de preparación para los diversos ajustes que requieren los modelos distintos en fabricación.

El sistema SMED “*Single Minute Exchange of Die*” propuesto ofrece la posibilidad de reducir el tiempo consumido en el cambio de herramienta para disminuir el tiempo requerido en cada ajuste.

1.4 Delimitación del proyecto

El proyecto se desarrolló en la empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V., en la Línea de Mofle Regular (LMR); por ser la línea con mayor carga de trabajo en la empresa.

La duración del proyecto corresponde al periodo entre los meses Julio-
Noviembre del año 2009.

Entre las principales limitaciones del proyecto están las siguientes:

- Variabilidad de modelos en la línea de mofle regular
- Troqueles de diferentes dimensiones
- Inexistencia de suficiente herramienta

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN

GENERAL DE LA EMPRESA

2.1 Características de la empresa

La empresa Escapes Monterrey S. A de C. V. se dedica a la fabricación de sistemas de escape para diversos tipos de vehículos; creada en el año de 1984, actualmente se posiciona como uno de los proveedores más importantes en el mercado nacional de repuestos de silenciadores, catalizadores, resonadores y tubería doblada para sistemas de escape.

Exportan una parte importante de sus productos a Estados Unidos de Norte América, Canadá y Centroamérica.

2.1.1 Giro

Escapes Monterrey S.A. de C.V. está reconocida como empresa de tipo industrial ya que se dedica a la fabricación de mofles automotrices, resonadores y catalizadores y tubería doblada para sistemas de escape.

2.1.2 Misión

Crear soluciones innovadoras en sistemas de escape, que generen valor agregado para nuestros clientes, nuestra gente y nuestros accionistas, buscando de manera permanente incrementos sustanciales en nuestra productividad y ser competitivos.

2.1.3 Visión

Ser la empresa líder de sistemas de escape en América Latina, ofreciendo la más amplia gama de productos con valor agregado que exceda las expectativas de nuestros clientes.

2.1.4 Política de calidad

El Sistema de Gestión de Calidad recita la política de calidad de la empresa, misma que se cita textualmente:

“La alta dirección y el personal de Escapes Monterrey S.A. de C.V., estamos comprometidos a satisfacer los requerimientos de nuestros clientes en la fabricación de escapes para vehículos automotores con tecnología de vanguardia, manteniendo una alta competencia de nuestro personal y mejorando en forma continua la eficacia de nuestro sistema SGC basado en la norma ISO 9001: 2008”

2.1.5 Valores

- Dignidad: poner en alto el nombre de la empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. S.A de CV en la rama de producto automotrices
- Lealtad: la obligación y compromiso que tiene la empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. con cada uno de sus clientes con la finalidad de la satisfacción en el funcionamiento de nuestros productos

- Disciplina: la capacidad de cada uno de las personas que trabajan en la empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. para generar y esforzarse para mejorar los procesos de producción
- Confianza: que los productos fabricados cumplen con los requerimientos de calidad exigidos con el clientes
- Respeto: el reconocimiento del esfuerzo de las personas que laboran en la fabricación de los escapes en la empresa

2.2 Ubicación de la empresa

La empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. está ubicada en el Parque Industrial Huinala, en el municipio de Apodaca, en el estado de Nuevo León; la dirección de esta empresa es Av. Internacional No. 304 parque industrial Huinala, Apodaca Nuevo León, Código Postal 66645.

2.2.1 Macrolocalización

La macrolocalización de la empresa se sitúa en el estado de Nuevo León, específicamente en el municipio de Apodaca.

En las **Figuras 2.1 y 2.2** se observa la macrolocalización de la empresa en el país.



Figura 2.1. Localización del Estado de Nuevo León en el País
(Fuente: elaboración propia)



Figura 2.2. Localización Municipio de Apodaca en el Estado de Nuevo León
(Fuente: elaboración propia)

2.2.2 Microlocalización

La microlocalización se presenta en las **Figuras 2.3 y 2.4** haciendo referencia al Parque Industrial Huinala, ubicado en la carretera a Villa Juárez, 2.0 Km del centro de la ciudad de Apodaca.

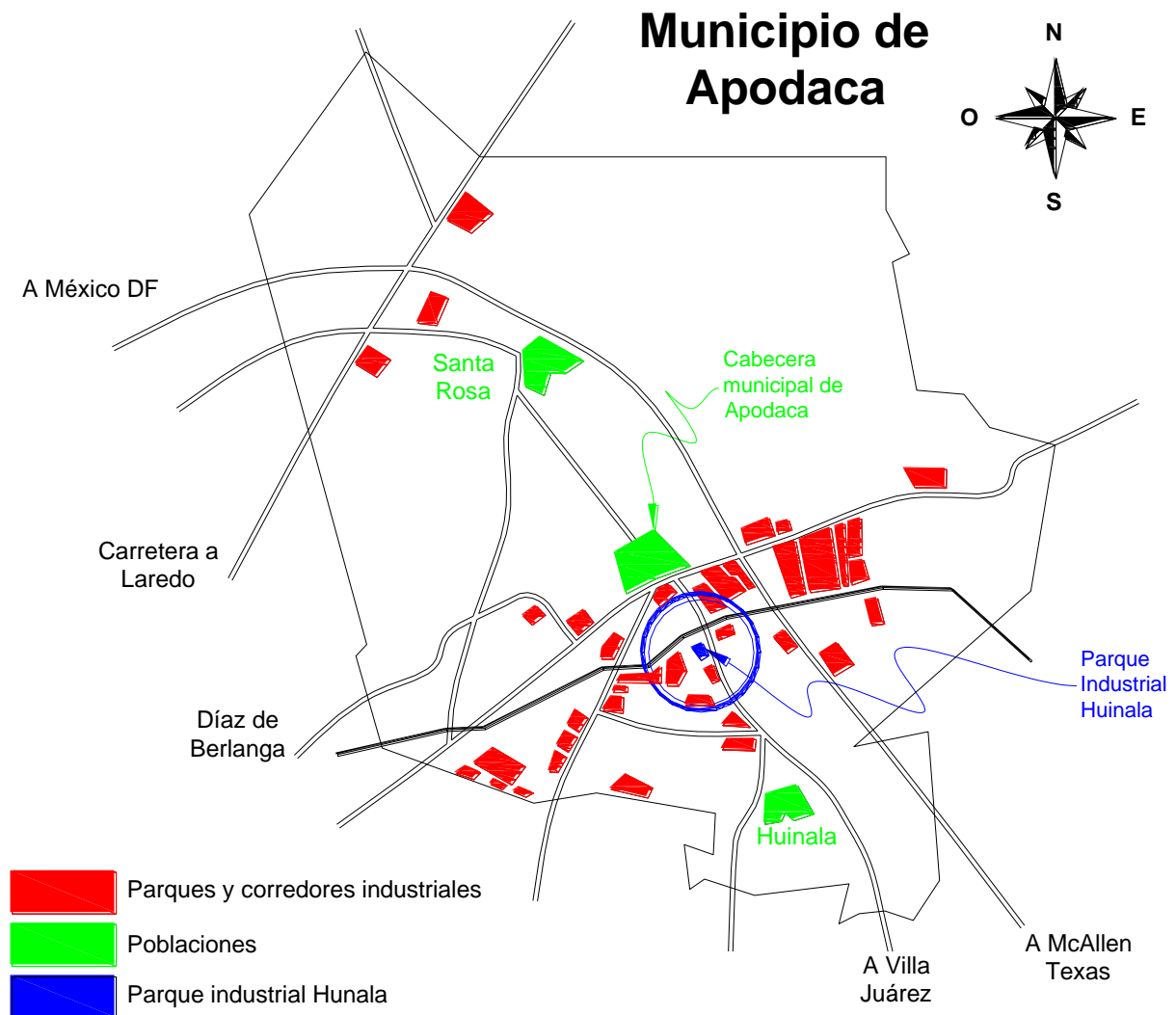


Figura 2.3. Localización del Parque Industrial Huinala en el Municipio de Apodaca
(Fuente: elaboración propia)

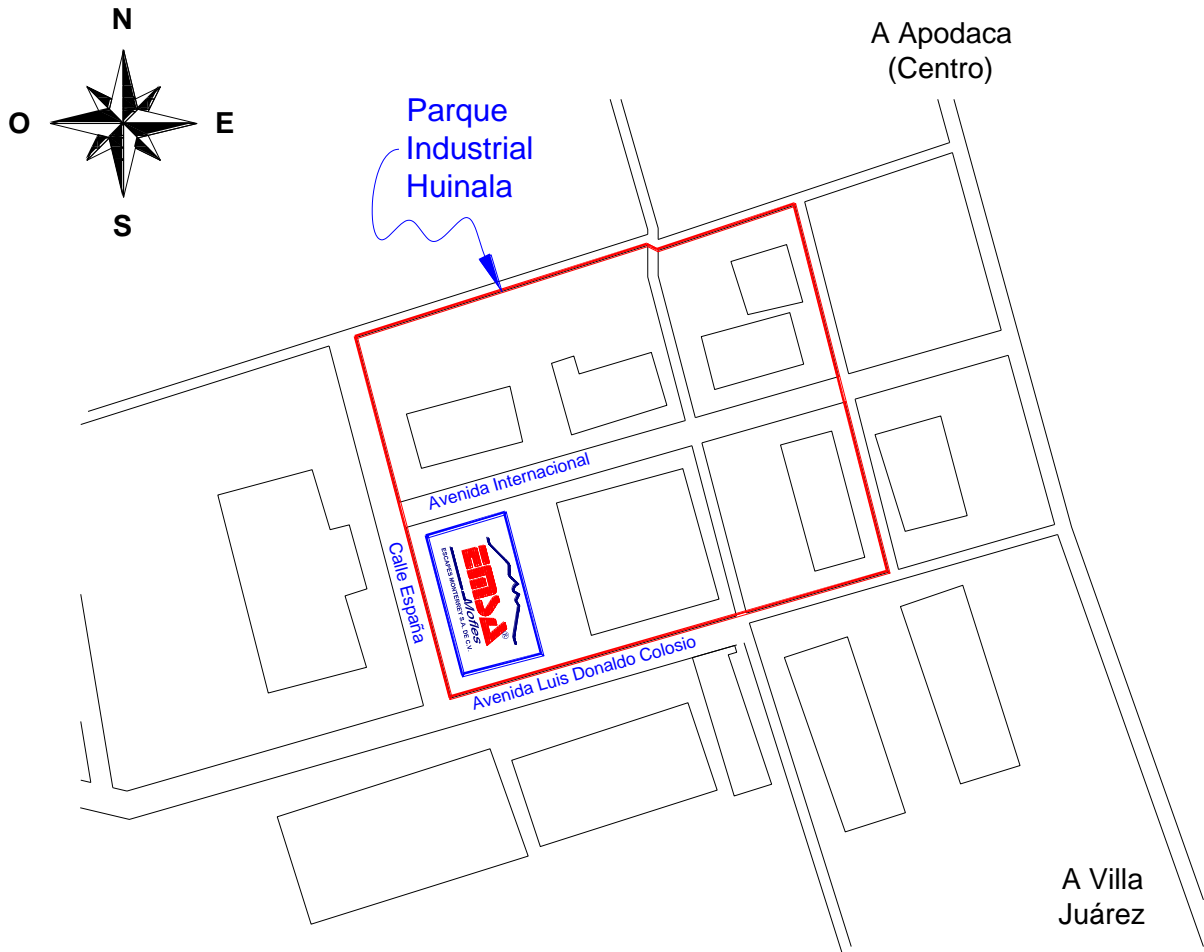


Figura 2.4. Localización de la Empresa Escapes Monterrey S.A. de C.V. en el Parque Industrial Huinala
(Fuente: elaboración propia)

La empresa está constituida en su organigrama como se muestra en la **Figura 2.5.**

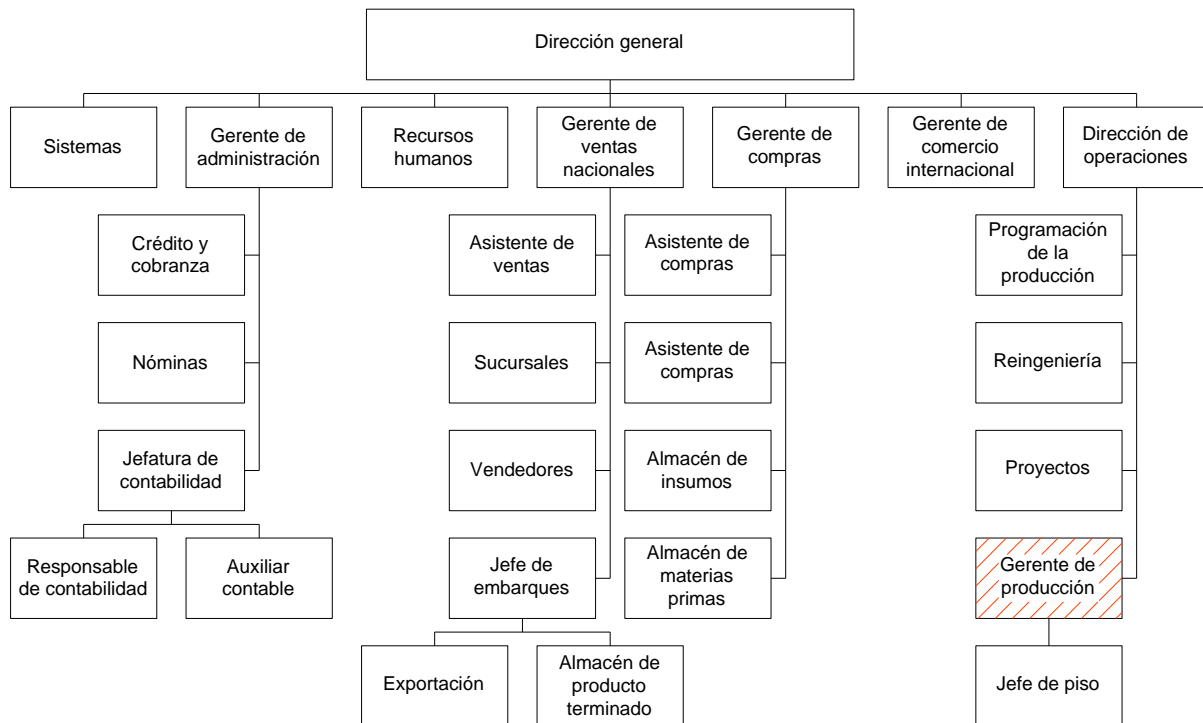


Figura 2.5. Organigrama de la Empresa
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

La **Tabla 2.1** describe las actividades de los puestos o departamentos directamente relacionados al área de producción, quienes brindaron información para la realización del proyecto.



	<p>Capítulo 2. Características generales de la empresa</p>	
---	--	---

Tabla 2.1. Departamentos o Puestos de Trabajo Directamente Relacionadas al Área de Producción
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Puesto o departamento	Descripción
Programación de la producción	Se encarga de la programación de la producción
Reingeniería	Ejecución de proyectos o modificaciones en las máquinas de la empresa con la finalidad de corregir daños, desgastes o bien para aumentar las capacidades o ventajas de las herramientas
Proyectos	Es el responsable de la búsqueda de mejoras en los sistemas actuales o de implementación de nuevos métodos de producción
Gerente de producción	Mantener a nivel óptimo la producción diaria, analizando los diversos problemas que puedan afectarla; además de verificar los proyectos en ejecución se lleven a cabo de acuerdo a especificaciones.
Jefe de piso	Encargado de vigilar que el programa de producción se lleve a cabo correctamente; tiene la facultad de hacer cambios al programa de acuerdo a las necesidades de producción.

2.3 Productos en el mercado

Entre los distintos productos que la empresa ofrece a sus clientes se encuentran descritos en la **Tabla 2.2**.

Tabla 2.2. Catálogo de Productos de la Empresa
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Líneas de producto	Producto principal	Producto derivado 1	Producto derivado 2	
Silenciadores	Premium aluminizada	Universales	Ovalados	
			Redondos	
	Clásica galvanizada	Universales	Tipos originales	
			Ovalados	
	Magnum económica	Universales	Ovalados	
			Redondos	
	Platinum acero	-	-	
	Inoxidable	-	-	
	Línea pesada	-	-	
	Deportiva (AF-1)	-	-	
Línea agrícola	-	-		
Balas	Performax	-	-	
	Performax plus	-	-	
	Máxima	-	-	
	Tornado	-	-	
Accesorios ligero y pesado	Ligero	Codos	-	
		Abrazaderas	-	
		Soportes	-	
	Pesado	Tubos rectos	-	
		Codos	-	
		Abrazaderas	-	
		Y griegas	-	
Línea deportiva	Heder	-	-	
	Trush galvanizado	-	-	
	Kerker	-	-	
	Colillas	-	-	
	Granada	-	-	
	VW económico	-	-	
	Cañón	-	-	

2.4 Distribución de planta

La planta cuenta con varias líneas de producción; de entre las que destacan:

- Línea de Mofle Regular
- Línea Pesada
- Air Flow 1 (AF-1)

Para ilustrar la distribución de estas áreas en la planta, se elaboró un *layout* donde se identifican cada una por separado.

El área sombreada en la **Figura 2.6** muestra la ubicación de la Línea de Mofle Regular en la planta.

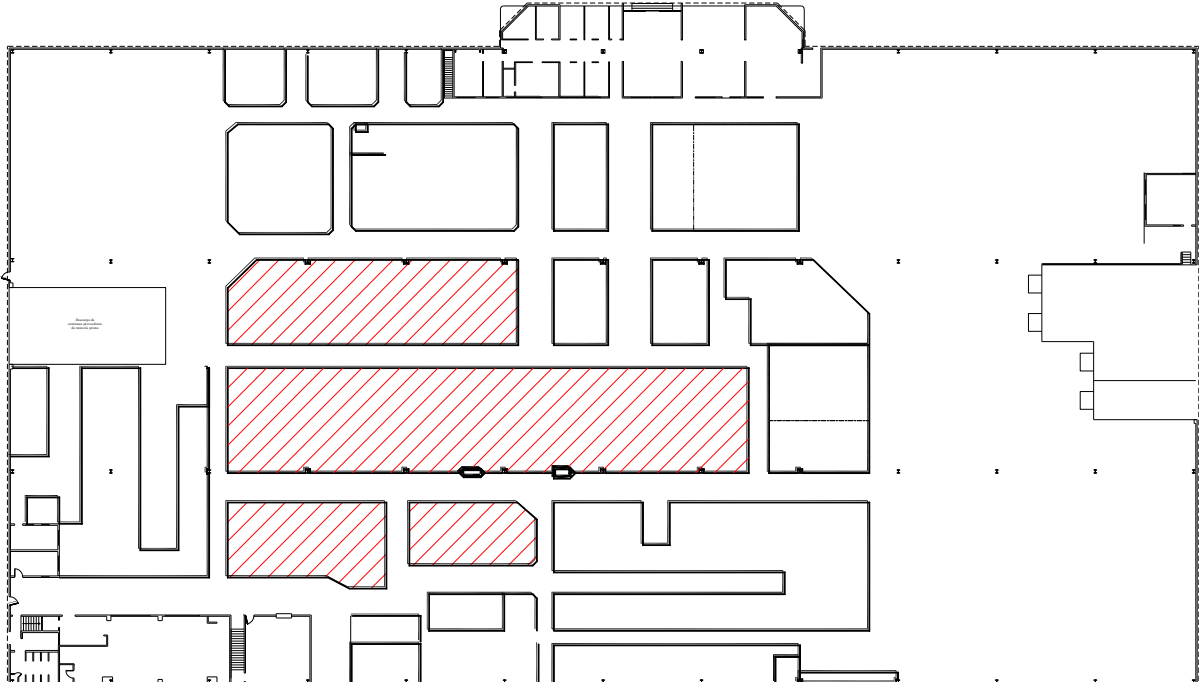


Figura 2.6. Ubicación de la Línea de Mofle Regular en la Planta
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

En la **Figura 2.7** se mencionan las actividades que se realizan en la Línea de Mofle Regular ordenadas de acuerdo al proceso de producción.

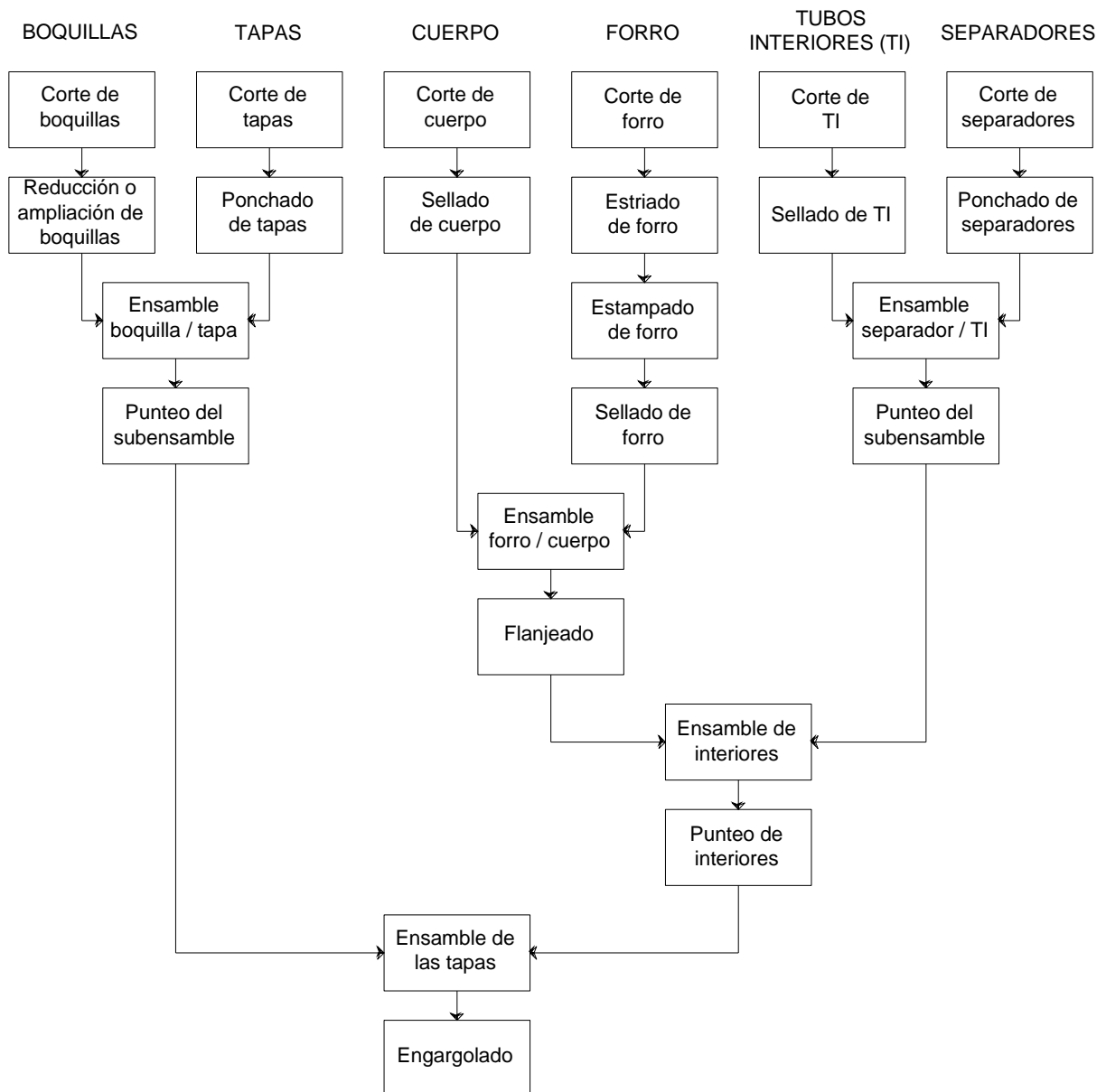


Figura 2.7. Descripción general de las actividades de la Línea de Mofle Regular
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

El área sombreada en la **Figura 2.8** muestra la ubicación en la planta de la Línea Air Flow 1 (AF-1):

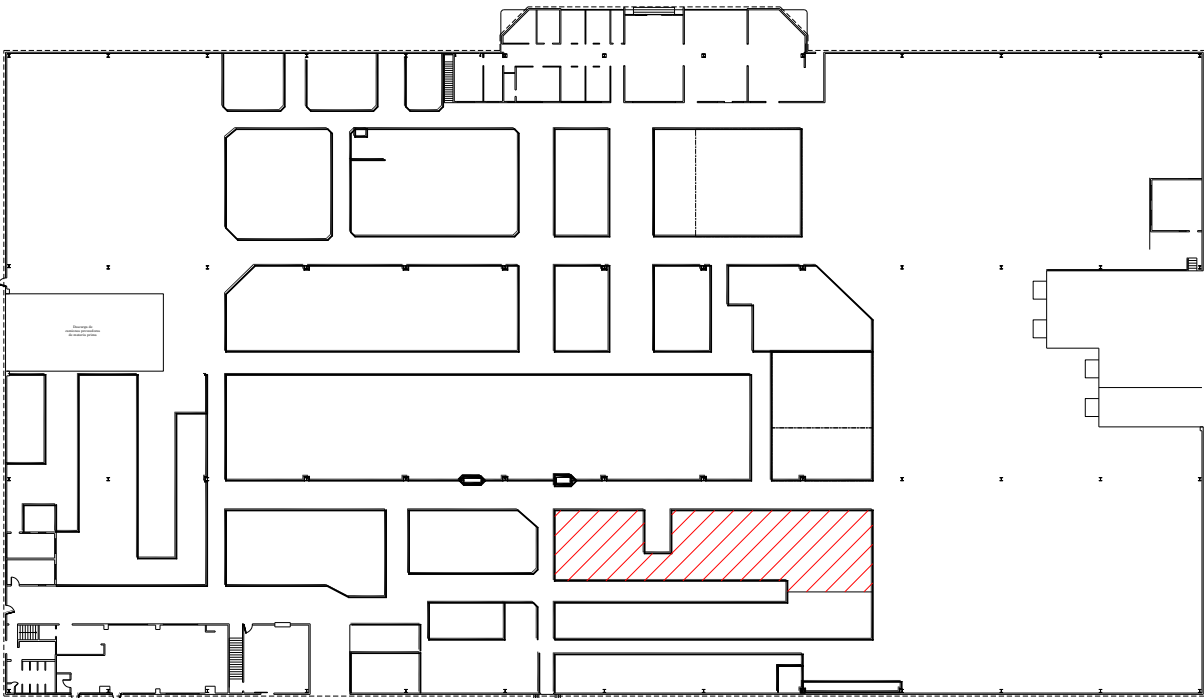


Figura 2.8. Localización de la Línea Air Flow 1 (AF-1) en la Planta
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Los procesos de producción que se efectúan en la Línea Air Flow 1 (AF-1) se llevan a cabo según la **Figura 2.9**.

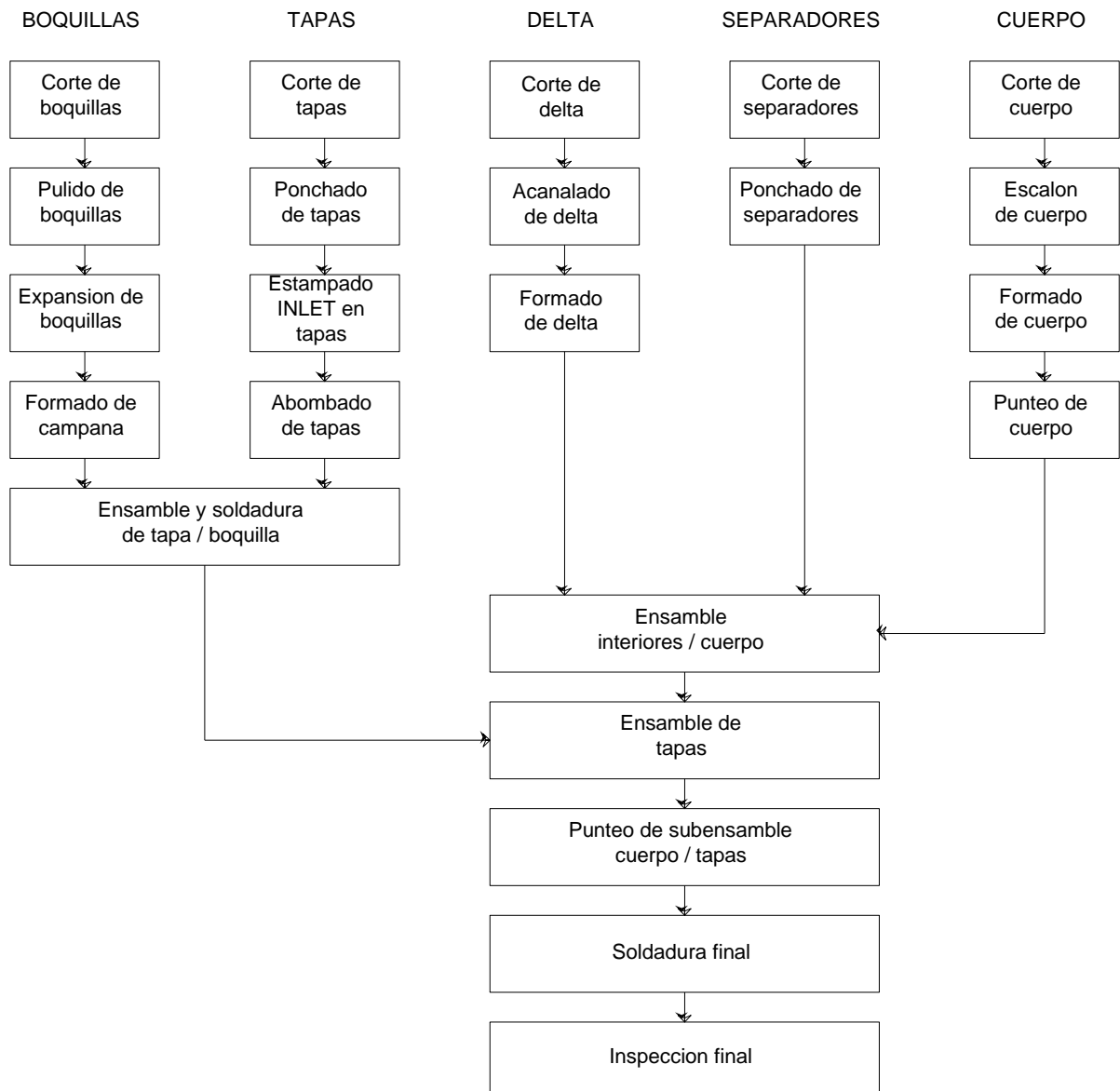


Figura 2.9. Descripción General de las Actividades de la Línea Air Flow 1 (AF-1)
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

El área sombreada en la **Figura 2.10** muestra la localización en la planta de la Línea Pesada.

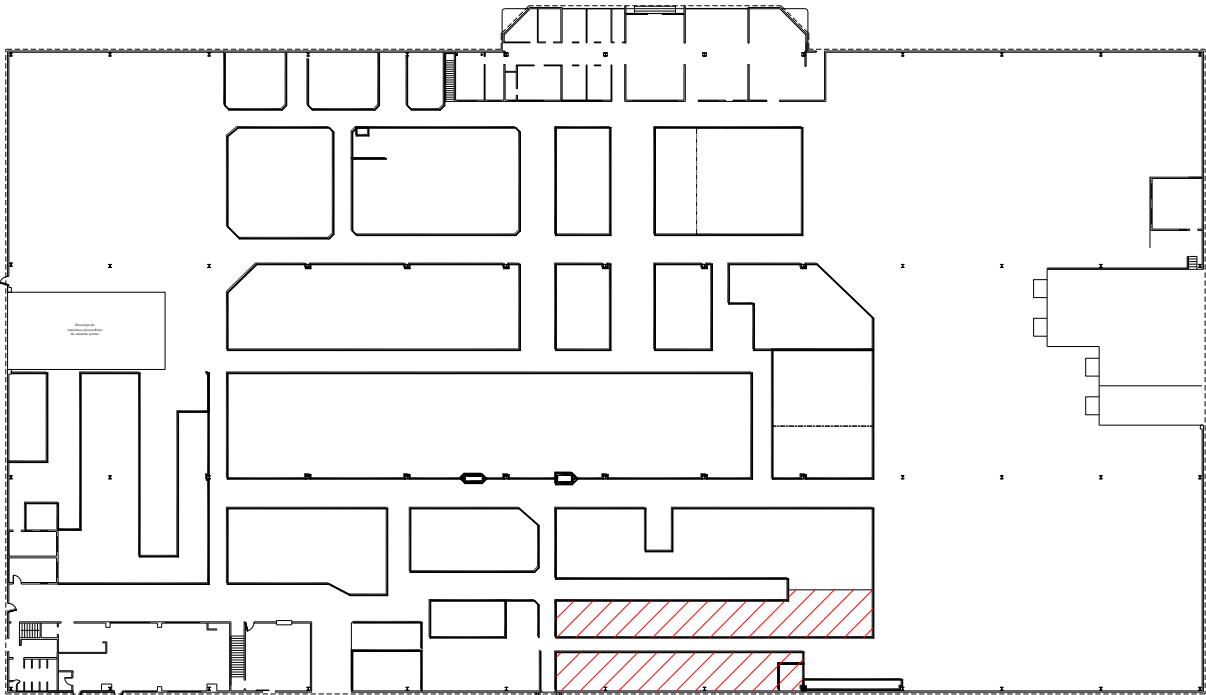


Figura 2.10. Localización de la Línea Pesada en la planta
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Proceso de producción en Línea Pesada (**Figura 2.11**).

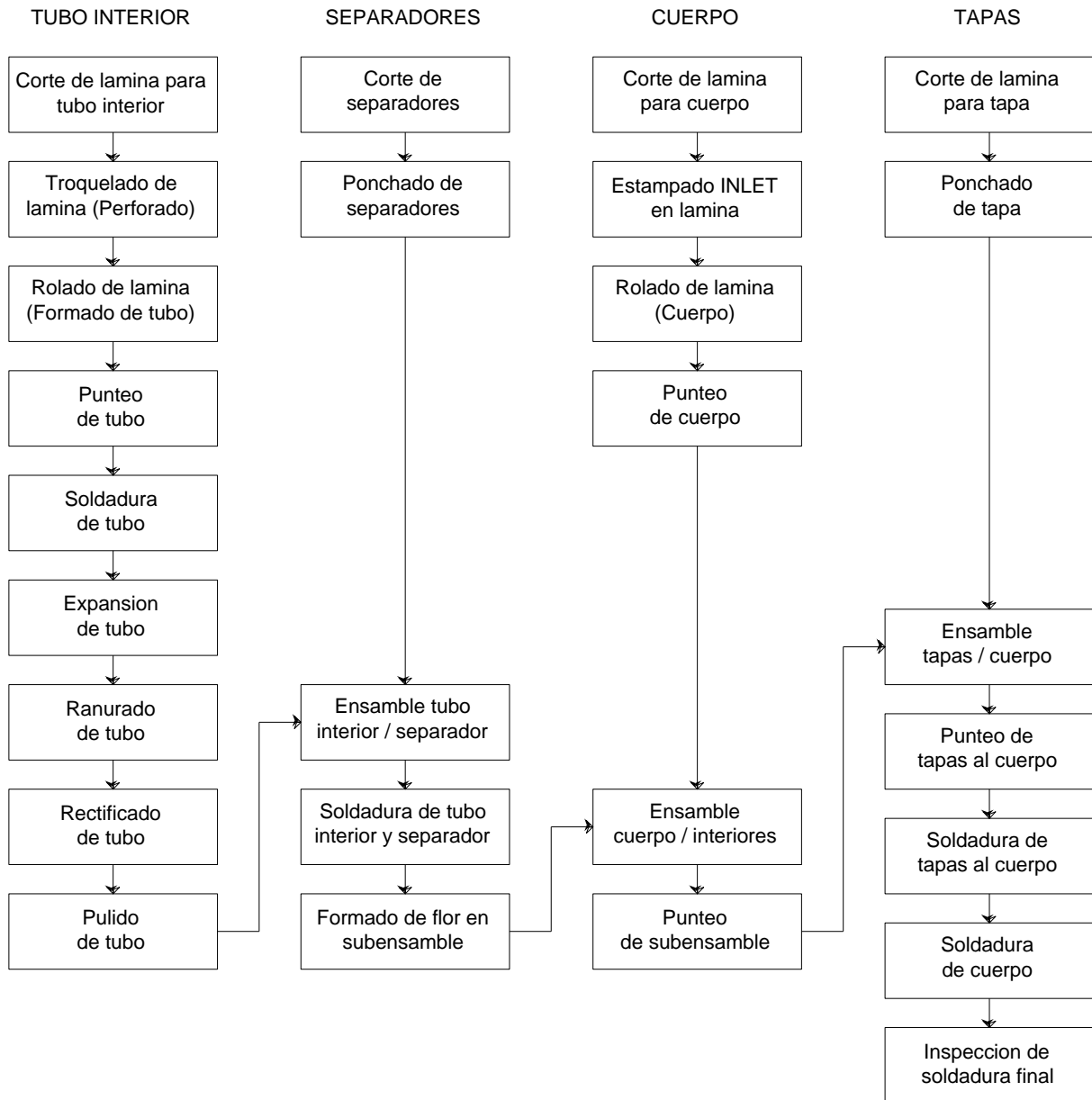


Figura 2.11. Descripción General de las Actividades de la Línea Pesada
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 El sistema SMED

Los cambios de útiles en minutos de un solo dígito se conocen popularmente como el sistema SMED, acrónimo de la expresión inglesa “*Single-Minute Exchange of Die*”.²

Se ha definido el SMED como la teoría y técnicas diseñadas para realizar las operaciones de cambio en menos de 10 minutos, nació por la necesidad de lograr la producción JIT (Just in time), una de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño (Shingo 1996).

El sistema SMED fue concebido por Shigeo Shingo a lo largo de 19 años, y es resultado del estudio concienzudo de aspectos teóricos y prácticos de la mejora del proceso de preparación de máquinas.

Tanto el análisis, como la realización, son fundamentales para el sistema SMED que deben ser considerados en cualquier programa de mejora.

Según Shingo (1997), dentro de este sistema existen dos tipos de operaciones:

- Operaciones internas, como montar o desmontar dados, que pueden realizarse sólo cuando una máquina está parada.
- Operaciones externas, como transportar los dados usados al almacén o llevar los nuevos hasta la maquina, que pueden realizarse mientras la maquina está en operación.

² Tomado de: Villaseñor, A. (2009); *Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica*

3.1.1 Pasos básicos en el procedimiento de preparación

Se piensa generalmente que los procedimientos de preparación son muy variados, dependiendo del tipo de operación y del tipo de equipo empleado; sin embargo, si se analizan esos procedimientos desde un punto de vista diferente, se puede observar que todas las operaciones comprenden una determinada secuencia.

De acuerdo a Shingo (1997), la distribución de tiempos en operaciones de cambio tradicionales se muestra en la **Tabla 3.1**.

Tabla 3.1. Pasos en un Proceso de Preparación de Máquinas (Shingo, 1997)
(Fuente: Una revolución en la producción: El sistema SMED)

Operación	Proporción del tiempo
Preparación, ajustes post proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles, plantillas, calibres, etcétera.	30%
Montar y desmontar herramientas, etcétera.	5%
Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones.	15%
Producción de piezas de ensayo y ajustes.	50%

3.1.2 La importancia del SMED en las empresas

Actualmente³, los clientes desean una amplia variedad de productos en cantidades limitadas de cada tipo cuando las necesitan. Esperan elevada calidad, buen precio, y entregas rápidas.

³ Fuente: <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P621.9023B326/Capitulo1.pdf>

El SMED ayuda a las empresas a satisfacer esas necesidades con menos desperdicio haciendo efectiva en costes la producción de artículos en pequeñas cantidades, o lotes.

3.1.2.1 Las dificultades de la producción en grandes lotes

Muchas empresas producen artículos en grandes lotes simplemente porque los tiempos de cambio de útiles y preparación de las máquinas hacen demasiado costoso cambiar frecuentemente de serie de producto.

La producción en grandes lotes tiene varias desventajas:

- Despilfarro de stocks: el almacenaje de lo que no se vende cuesta dinero e inmoviliza recursos de la empresa sin añadir valor al producto.
- Retraso: los clientes deben esperar a que la empresa produzca lotes enteros en vez de fabricar justamente las cantidades necesarias en cada momento.
- Declinación de la calidad: el almacenaje de productos no vendidos aumenta las oportunidades de que dichos artículos se estropeen o sufran daños, lo que aumenta los costes.

3.1.2.2 Beneficios del SMED para las empresas

El SMED cambia el supuesto de que los cambios de útiles/preparaciones requieren mucho tiempo.

Esto significa que las empresas producen en pequeños lotes, lo que tiene muchas ventajas:

- Flexibilidad: las empresas satisfacen las cambiantes demandas de clientes sin necesidad de mantener grandes stocks.
- Entregas rápidas: la producción en pequeños lotes significa plazos de fabricación más cortos y menos tiempos de espera para los clientes.
- Productividad más elevada: tiempos de preparación y cambios de útiles más cortos reducen los tiempos de parada de los equipos, lo que eleva las tasas de productividad.

3.1.2.3 Beneficios del SMED para el personal

Los cambios de útiles más rápidos también benefician a todos los empleados de la empresa; primero, las preparaciones y cambios de útiles más rápidos apoyan la seguridad del trabajo reforzando la competitividad de la misma.

Además, los cambios rápidos resultado del SMED fluidifican el trabajo diario de producción como consecuencia de que:

- Los cambios de útiles más simples hacen más seguras las preparaciones de máquinas, con menos estrés físico y menos riesgo de accidentes.
- Menos stocks significa menos aglomeración de objetos en los lugares de trabajo, lo que hace más fácil y segura la producción.
- Las herramientas, útiles y plantillas de los cambios se estandarizan y combinan, lo que significa que hay que manejar menos elementos.

3.1.3 Función del sistema SMED

Esta técnica⁴ permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro.

Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son:

- Reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo
- Reducir el tamaño del inventario
- Reducir el tamaño de los lotes de producción
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción.

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda.

Al permitir la reducción en el tamaño de lote favorece la calidad, al no existir demasiado stock no se ocultan los problemas de fabricación.

Algunos de los tiempos que tenemos que eliminar aparecen como despilfarros conocidos habitualmente de la siguiente forma:

- Los productos terminados se trasladan al almacén con la máquina parada
- El siguiente lote de materia prima se trae del almacén con la máquina parada

⁴ Fuente: <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P621.9023B326/Capitulo1.pdf>

- Las cuchillas, bloques, matrices, etc. no están en condiciones de funcionamiento
- Algunas partes que no se necesitan se llevan cuando la máquina todavía no está funcionando
- Faltan tornillos y algunas herramientas no aparecen cuando se necesitan durante el cambio
- El número de ajustes es muy elevado y no existe un criterio en su definición

El SMED, asociado al proceso de mejora continua permite eliminar todos los desperdicios.

3.1.4 Funcionamiento del sistema SMED

Para entender⁵ la importancia de esta técnica con un ejemplo sencillo se plantea que, cambiar una rueda de un vehículo en 15 minutos es aceptable; sin embargo, la elevada competencia y la continua pugna por el ahorro de tiempos han llevado a los preparadores de Fórmula 1 a hacer ese cambio en 7 segundos.

En un caso genérico se partirá de la base de que con esta técnica alcanza a reducirse el tiempo de cambio en un 50% sin inversiones importantes.

Para ello Shigeo Shingo en 1950 descubrió que había dos tipos de operaciones, al estudiar el tiempo de cambio en una prensa de 800 toneladas:

- Operaciones Internas: son aquellas que deben realizarse con la máquina parada

⁵ Fuente: <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P621.9023B326/Capitulo1.pdf>

- Operaciones Externas: actividades que se realizan con la máquina en marcha

El objetivo es analizar todas estas operaciones, clasificarlas, y ver la forma de pasar las operaciones internas a externas, estudiando también la forma de acortar las operaciones internas con la menor inversión posible.

Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas; el objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, de tal forma que se vaya perfeccionando el método y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa.

La aplicación de sistemas de cambio rápido de utillaje se convierte en una técnica de carácter obligado en aquellas empresas que fabriquen pequeños lotes y con gran diversidad de referencias.

Tradicionalmente el tamaño de los lotes ha sido el siguiente:

- Lote pequeño: 500 piezas o menos
- Lote medio: 501-5000 piezas
- Lote grande: Más de 5000 piezas

Actualmente se exigen lotes pequeños y la frecuencia de entregas es menor. En ocasiones se produce en exceso para evitar defectuosos, aumentando los inventarios.

3.1.5 Aplicación del sistema SMED

3.1.5.1 Etapas conceptuales:

De acuerdo a Shingo (1997), la implementación del proyecto SMED consta de cuatro etapas:

- Etapa preliminar: estudio de la operación de cambio.
- Primera etapa: separar tareas internas y externas.
- Segunda etapa: convertir tareas internas en externas.
- Tercera etapa: perfeccionar las tareas internas y externas.

3.1.5.2 Etapa preliminar

Lo que no se conoce no se alcanza a mejorar, por ello 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
 - Escribir las causas de la variabilidad y estudiarlas
- Estudiar las condiciones actuales del cambio
 - Análisis con cronómetro
 - Entrevistas con operarios (Y con el preparador)
 - Grabar en vídeo
 - Mostrarlo después a los trabajadores
 - Tomar fotografías

Esta etapa es más útil de lo que se cree, y el tiempo que se invierta en su estudio evitará posteriores modificaciones del método al no haber descrito la dinámica de cambio inicial de forma correcta.

3.1.5.3 Primera etapa: separar las tareas internas y externas

Según Shingo (1997), en esta fase se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo:

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

Es muy útil 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 se realiza una comprobación para asegurar de que no hay errores en las condiciones de operación, evitando pruebas que hacen perder el tiempo.

3.1.5.4 Segunda etapa: convertir tareas internas en externas

La idea es hacer todo lo necesario en preparar troqueles, matrices, punzones, etc., fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente.

- Reevaluar para ver si alguno de los pasos está erróneamente considerado como interno
- Prerreglaje de herramientas
- Eliminación de ajustes: las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortarlo e influye en la preparación total; esto significa que se tarda un tiempo en para la puesta en marcha del proceso de acuerdo a la nueva especificación.

Los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien.

En realidad se llama ajuste a las no conformidades que a base de prueba y error logran el producto de acuerdo a las especificaciones, empleando una cantidad extra de material.

Tomando como base de que los mejores ajustes son los que no se necesitan, se recurre a fijar las posiciones, recreando las mismas circunstancias que la última vez.

La mayoría de los ajustes se logran realizándolos como trabajo externo, requiere fijar las herramientas; los ajustes precisos en el espacio para acomodar los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere una estandarización en los espacios utilizados.

3.1.5.5 Tercera etapa: perfeccionar las tareas internas y externas

Shingo (1997) menciona que el objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de la operación de preparación, incluyendo todas y cada una de las operaciones elementales (Tareas externas e internas).

Algunas de las acciones encaminadas a la mejora de las operaciones internas más utilizadas por el sistema SMED son:

- Implementación de operaciones en paralelo: estas operaciones que necesitan más de un operario ayudan mucho a acelerar algunos trabajos. Con dos personas una operación que llevaba 12 minutos no será completada en 6, sino quizás en 4, gracias a los ahorros de movimiento que se obtienen. El tema de mayor importancia al realizar operaciones en paralelo es la seguridad
- Utilización de anclajes funcionales: son dispositivos de sujeción que sirven para mantener objetos fijos en un sitio con un esfuerzo mínimo

Todas estas etapas culminan en la elaboración de un procedimiento de cambio que pasa a formar parte de la dinámica de trabajo en mejora continua de la empresa y que opera de acuerdo al siguiente esquema iterativo de trabajo:

- Elegir la instalación sobre la que actuar
- Crear un equipo de trabajo (Operarios, jefes de sección, otros)
- Analizar el modo actual de cambio de utillaje. Filmar un cambio
- Reunión del equipo de trabajo para analizar en detalle el cambio actual
- Reunión del equipo de trabajo para determinar mejoras en el cambio:
 - Clasificar y transformar operaciones Internas en Externas

- Evitar desplazamientos, esperas y búsquedas, situando todo lo necesario al lado de máquina. Secuenciar adecuadamente las operaciones de cambio
- Facilitar útiles y herramientas que faciliten el cambio
- Secuenciar mejor las órdenes de producción
- Definir operaciones en paralelo. Simplificar al máximo los ajustes
- Definir un nuevo modo de cambio
- Probar y filmar el nuevo modo de cambio
- Afinar la definición del cambio rápido, convertir en procedimiento
- Extender al resto de máquinas del mismo tipo

CAPÍTULO 4

MÉTODOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS

4.1 5 S's

Las 5 S's⁶ forman una parte esencial para la implantación de cualquier programa de manufactura, pues implica sumar esfuerzos para lograr beneficios.

El método de las 5 S's, así denominado por la primera letra (En japonés) de cada una de sus cinco etapas, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples, observados en la **Tabla 4.1**:

Tabla 4.1. Significado de las 5 S's
(Fuente: 5 Pilares de la Fabrica Visual, Hiroyuki Hirano, 1998)

Etapa	Principio	Debe entenderse como
Seiri	Organización	Separar innecesarios
Seiton	Orden	Situar necesarios
Seiso	Limpieza	Suprimir suciedad
Seiketsu	Estandarizar	Señalizar anomalías
Shitsuke	Disciplina	Seguir mejorando

La integración de las 5S's satisface múltiples objetivos. Cada 'S' tiene un objetivo particular:

- Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil
- Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
- Mejorar el nivel de limpieza de los lugares
- Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden
- Fomentar los esfuerzos en este sentido

Por otra parte, el total del sistema permite:

⁶ Fuente: 5 Pilares de la Fabrica Visual, Hiroyuki Hirano, 1998

- Mejorar las condiciones de trabajo y la moral del personal (es más agradable trabajar en un sitio limpio y ordenado)
- Reducir los gastos de tiempo y energía
- Reducir los riesgos de accidentes o sanitarios
- Mejorar la calidad de la producción.
- Seguridad en el Trabajo

4.1.1 Seiri

Es la primera de las 5 fases. Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de éstos últimos.

Algunas normas ayudan a tomar buenas decisiones:

- Se desecha (Ya sea que se venda, regale o se tire) todo lo que se usa menos de una vez al año
- De lo que queda, todo aquello que se usa menos de una vez al mes se aparta (Por ejemplo, en la sección de archivos, o en el almacén en la fábrica)
- De lo que queda, todo aquello que se usa menos de una vez por semana se aparta no muy lejos (Típicamente en un armario en la oficina, o en una zona de almacenamiento en la fábrica)
- De lo que queda, todo lo que se usa menos de una vez por día se deja en el puesto de trabajo
- De lo que queda, todo lo que se usa menos de una vez por hora está en el puesto de trabajo, al alcance de la mano
- Y lo que se usa al menos una vez por hora se coloca directamente sobre el operario

Esta jerarquización del material de trabajo conduce lógicamente a Seiton y nos permite aprovechar lugares despejados.

4.1.2 Seiton

Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

Se necesita usar métodos de gestión visual para facilitar el orden, pero a menudo, el más simple leitmotiv de Seiton es: un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar. En esta etapa se pretende organizar el espacio de trabajo con objeto de evitar tanto las pérdidas de tiempo como de energía.

Las normas de Seiton:

- Organizar racionalmente el puesto de trabajo (Proximidad, objetos pesados fáciles de coger o sobre un soporte, etc.)
- Definir las reglas de ordenamiento
- Hacer obvia la colocación de los objetos
- Los objetos de uso frecuente deben estar cerca del operario
- Clasificar los objetos por orden de utilización
- Estandarizar los puestos de trabajo
- Favorecer el 'FIFO' (FIFO es el acrónimo inglés de *First In, First Out* (Primero en entrar, primero en salir). Un sinónimo de FIFO es FCFS, acrónimo inglés de *First Come First Served* (Primero en llegar, primero en ser servido). Es un método utilizado en estructuras de datos, contabilidad de costes y teoría de colas. Guarda analogía con las personas que esperan en una cola y van siendo atendidas en el orden en

que llegaron, es decir, que la primera persona que entra es la primera persona que sale)

4.1.3 Seiso

Una vez el espacio de trabajo está despejado (Seiri) y ordenado (Seiton), es mucho más fácil limpiarlo (Seiso). Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado operativo.

El incumplimiento de la limpieza tendrá muchas consecuencias, provocando incluso anomalías o el mal funcionamiento de la maquinaria.

Normas para Seiso:

- Limpiar, inspeccionar, detectar las anomalías
- Volver a dejar sistemáticamente en condiciones
- Facilitar la limpieza y la inspección
- Eliminar la anomalía en origen

4.1.4 Seiketsu

Consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.

A menudo el sistema de las 5 S's se aplica sólo puntualmente. Seiketsu recuerda que el orden y la limpieza deben mantenerse cada día. Para lograrlo es importante crear estándares.

Para conseguir esto, las normas siguientes son de ayuda:

- Hacer evidentes las consignas: cantidades mínimas, identificación de las zonas
- Favorecer una gestión visual ortodoxa
- Estandarizar los métodos operatorios
- Formar al personal en los estándares

4.1.5 Shitsuke

Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

Esta etapa contiene la calidad en la aplicación del sistema 5 S's. Si se aplica sin el rigor necesario, éste pierde toda su eficacia.

Es también una etapa de control riguroso de la aplicación del sistema; los motores de esta etapa son una comprobación continua y fiable de la aplicación del sistema 5 S's (Las 4 primeras 'S' en este caso) y el apoyo del personal implicado.

4.1.6 Consecuencias

El resultado se mide tanto en productividad como en satisfacciones del personal respecto a los esfuerzos que han realizado para mejorar las condiciones de trabajo; La aplicación de esta técnica tiene un impacto a largo plazo.

Para avanzar en la implementación de cualquiera de las otras herramientas de *Lean Manufacturing* es necesario que en la organización exista un alto grado de disciplina. La implantación de las 5 S's es uno de los primeros pasos del cambio hacia la mejora continua.

4.2 Rediseño o modificaciones de maquinaria

La modificación y modernización de equipos resulta una económica solución para las empresas que por limitaciones financieras no adquirirán equipos de última generación o para aquellas empresas que desean aumentar sus niveles de producción con sus propios equipos actualizados con ligeras modificaciones técnicas en algunos de sus sistemas o componentes.

De la misma manera, funciona como un importante motor para la optimización del tiempo de cambio de utillaje, al rediseñar herramientas y/o dispositivos que se acoplan sobre una máquina para producir un modelo diferente de producto.

En este caso, será una importante herramienta para perfeccionar las tareas del proceso de preparación de la maquinaria.

4.3 Análisis de factibilidad

4.3.1 Valor Presente Neto (VPN)

“Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión anual.” (Urbina 2006).

Cuando se hacen los cálculos de pasar, en forma equivalente, el dinero del presente al futuro, se utiliza una “i” de interés o de crecimiento del dinero; pero cuando se quieren pasar cantidades futuras al presente, se usa una tasa de descuento llamada así porque descuenta el valor del dinero en el futuro al equivalente en el presente; y a los flujos traídos al tiempo cero se les llama flujos descontados.

Sumar los flujos descontados en el presente y restar la inversión inicial equivale a comparar todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos necesarios para producir todas esas ganancias, en términos de su valor equivalente en ese momento o tiempo cero.

De tal forma es claro que para aceptar un proyecto sus ganancias deben de ser mayores que los desembolsos, lo que dará por resultado que el VPN sea mayor que cero, para el cálculo del VPN se utiliza el denominado costo de capital o TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento).

Si la tasa de descuento o costo de capital, TMAR, aplicada en el cálculo del VPN fuera la tasa inflacionaria promedio pronosticada para los próximos cinco años, las ganancias de la empresa solo servirían para mantener el valor adquisitivo real que esta tenía en el año cero, siempre y cuando se reinvirtieran todas las ganancias.

Con un VPN = 0 no se aumentara el patrimonio de la empresa durante el horizonte de planeación, si el costo de capital o TMAR es igual al promedio de la inflación en ese periodo. Pero aunque VPN = 0, habrá un aumento en el patrimonio de la empresa si la TMAR aplicada para calcular fuera superior a la tasa inflacionaria de ese periodo.

Por otro lado si el resultado es VPN > 0, sin importar cuánto supere a cero ese valor, esto implica una ganancia extra después de ganar la TMAR aplicada a lo largo del periodo considerado esto explica la gran importancia de seleccionar una TMAR adecuada al proyecto.

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (3.1)$$

Donde:

VPN : Valor Presente Neto

FNE : Flujo Neto de Efectivo

P : Inversión inicial

i : Premio al riesgo

El valor del VPN, es inversamente proporcional al valor de la “i” aplicada, de modo que como la “i” aplicada es la TMAR, si se pide un rendimiento a la inversión (Es decir, si la tasa mínima aceptable es muy alta), el VPN fácilmente se vuelve negativo, y en ese caso se rechazaría el proyecto.

Las conclusiones generales del VPN son:

- Se interpreta fácilmente su resultado en términos monetarios
- Supone una reinversión total de las ganancias anuales, lo que no sucede en la mayoría de la empresa
- Su valor depende exclusivamente de la i aplicada. Como esta i es la TMAR, su valor lo determina el evaluador
- Los criterios de evaluación son: si $VPN \geq 0$, acepte la inversión; si $VPN \leq 0$ recházela (Urbina 2006)

4.3.2 Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR)

El capital de cualquier inversión proviene de varias fuentes: personas físicas, inversionistas, morales, empresas, e instituciones de crédito. Como sea cada uno de ellos tendrá un costo asociado al capital que aporte, y la nueva empresa así formada tendrá un costo de capital propio.

Cuando el capital es aportado por una persona física este debe de tener en mente una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta llamada tasa mínima atractiva de rendimiento (Urbina 2006).

Una creencia común es que la TMAR de referencia debe ser la tasa máxima que ofrecen los bancos por una inversión a plazo fijo, sin embargo realizando un balance entre la inflación y el rendimiento bancario siempre habrá una pérdida de valor adquisitivo, si se mantiene el dinero invertido en un banco, no por el simple hecho de invertir aumenta el poder adquisitivo del dinero, sin embargo el riesgo implícito en esto es casi cero por lo que es una opción más viable.

Una referencia que influye para el cálculo de la TMAR es el índice inflacionario, sin embargo cuando un inversionista arriesga su dinero no es atractivo el mantener el poder adquisitivo de su inversión, si no que tenga un crecimiento real; es decir, le interesa un rendimiento que haga crecer su dinero más allá de haber compensado los efectos de la inversión. Si se define la TMAR como se muestra en

Ecuación 3.2:

$$TMAR = i + f + i * f \quad (3.2)$$

Donde:

TMAR: Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento

i : Premio al riesgo

f : Inflación

Esto significa que la TMAR que un inversionista le pida a una inversión debe, compensar los efectos inflacionarios y por otro lado el dar un premio o sobre tasa para arriesgar su dinero en determinada inversión.

El índice inflacionario para calcular la TMAR debe de ser el promedio del índice inflacionario pronosticado para los próximos cinco años, a consecuencia de que las inversiones presentan horizontes de planeación de 5 años.

4.4 Poka-Yoke

Aunque el concepto de *Poka-Yoke* ha existido durante mucho tiempo en diversas formas, fue el ingeniero de producción japonés Shigeo Shingo, quien desarrollo la idea como una herramienta formidable para alcanzar cero defectos y, eventualmente, eliminar las inspecciones de control de calidad (Hirano, 1988).

Si bien se piensa que un defecto y un error son lo mismo, no es así. Los defectos son los resultados y los errores son las causas de los resultados.

Por ejemplo, un error es dejar por mucho tiempo un pan en el tostador y el defecto es tener un pan quemado.

Los métodos que propuso fueron formalmente denominados “a prueba de tontos” (“*Fool-proofing*”).

Reconociendo que esta etiqueta podría ofender a muchos trabajadores, Shingo terminó proponiendo el término Poka-Yoke, generalmente traducido como “a prueba de errores” o “de fallos” (“*Fail-safing*”). En japonés, significa evitar (*Yokeru*) errores inadvertidos (*Poka*).

La idea detrás del Poka-Yoke es respetar la inteligencia de los trabajadores, asumiendo las tareas repetitivas o acciones que dependen de la memoria, el Poka-Yoke libera el tiempo y mente de un trabajador para que así se dedique a actividades más creativas o que añaden valor (Hirano, 1988).

4.4.1 Los Cinco Mejores Poka-Yoke

Los errores humanos usualmente lo son por distracción, los mecanismos *Poka-Yoke* ayudan a evitar los defectos, incluso aunque inadvertidamente se cometan errores. Los *Poka-Yoke* ayudan a fabricar la calidad en el proceso.

Aquí se muestran cinco ejemplos de *Poka-Yoke* para detectar o evitar defectos causados por errores humanos:

- Pines de guías de distintos tamaños
- Alarmas y detección de errores
- Switchs de límites
- Contadores
- Listas de chequeo

4.4.2 Las funciones básicas del Poka-Yoke

Un defecto existe en dos estados: está a punto de ocurrir o ha ocurrido ya. El *Poka-Yoke* emplea tres funciones básicas contras los defectos: parada, control y aviso.

El reconocimiento de que un defecto está a punto de ocurrir se denomina “predicción”, y reconocer que un defecto ha ocurrido ya se denomina “detección”.

4.4.3 Sugerencias para establecer Poka-Yoke

- Identificar artículos por sus características:
 - De peso: establecer estándares de peso, usar balanza o escala para identificar piezas defectuosas.
 - Por dimensiones: establece estándares para longitud, anchura, diámetro, etcétera. Identificar divergencias con los estándares usando pines de plantillas, *switchs* de limite, etcétera.
 - Por su forma: establecer estándares para características de forma tales como ángulos, salientes, curvatura o posiciones de agujeros. Identificar divergencias con estándares con conmutadores de limite, vástagos de posición y plantillas, etcétera.

- Detectar desviación de procedimientos o procesos omitidos.
 - Método de secuencia de procesos: el trabajo siguiente no se realiza si las operaciones de la máquina o el trabajador durante el proceso no siguen los procedimientos estándares.
 - Método de secuencia proceso a proceso: las operaciones no se realizan si se ha omitido alguno de una serie de procesos y no se han seguido los procedimientos regulares

- Detectar desviaciones o valores fijos.
 - Uso de contador: se usa como referencia un número fijo, por ejemplo, un número de operaciones o piezas. Si el número actual difiere de la referencia, suena una alarma.
 - Método de piezas sobrantes: cuando un número de piezas se monta con un lote, se prepara el número exacto de piezas necesarias; cuando se completa el lote, un sobrante de piezas indica un error.
 - Detección de condición crítica: se mide una condición de fabricación crítica, tal como presión, corriente, temperatura o tiempo. El trabajo no procede si el valor no está dentro de un rango predeterminado.

4.4.4 Mecanismos de detección usados en el Poka-Yoke

Se usa una amplia variedad de mecanismos para detectar errores y defectos. Los detectores usados para el *Poka-Yoke* se dividen entre los que contactan con la pieza a verificar y los que no contactan con la misma (Hirano, 1988).

4.4.4.1 Mecanismo de contacto

Los *switchs* de límite son los mecanismos de detección más frecuentes. Detectan la presencia de artículos tales como piezas de trabajo, útiles o herramientas de corte y son muy flexibles.

Los *switchs* de limite se emplean para asegurarse de que un proceso no comience hasta que la pieza de trabajo este en la posición correcta.

Hay otros muchos mecanismos de detección por contacto utilizados en el *Poka-Yoke*, tales como sensores de proximidad, sensores de posición, sensores de desplazamiento, sensores de paso de metal y una variedad de instrumental.

4.4.4.2 Mecanismo sin contacto

Los sensores fotoeléctricos manejan objetos transparentes, translucidos y opacos, dependiendo de las necesidades, hay dos tipos posibles de detección.

En el tipo de transmisión se usan dos unidades: una emite un rayo de luz, la otra lo recibe. Este tipo esta normalmente en “*on*”, lo que significa que el rayo no encuentra obstrucción, o en “*off*”, lo que significa no llega a la unidad receptora.

Es un tipo de reflejante de sensor ante la luz reflejada desde un objeto para detectar su presencia.

4.4.4.3 Los Ocho Principios de Mejora Básica para el Poka-Yoke y el cero defectos (Hirano, 1988)

1. Construir la calidad en los procesos
2. Eliminar todos los errores y defectos inadvertidos
3. Interrumpir el hacerlo mal y comenzar a hacer lo correcto ahora
4. No pensar en excusas, pensar en cómo hacerlo bien
5. Un 60% de probabilidades de éxito es suficientemente bueno
6. Las equivocaciones y defectos podrán reducirse a cero si todos trabajan juntos para eliminarlos.
7. Diez cabezas son mejor que una
8. Investigue la verdadera causa, usando los cinco “¿Por qué?” y un “¿Cómo?”

CAPÍTULO 5

METODOLOGÍA PROPUESTA

5.1 Metodología del plan de mejoramiento

La aplicación del sistema SMED permitirá reducir del tiempo de preparación de maquinaria en un cambio de modelo en la producción; esto es importante ya que incrementa la capacidad disponible, aumenta la flexibilidad para satisfacer los cambios de programa y reduce el inventario.

Conforme el tiempo de preparación tiende a cero, se tiende a alcanzar el tamaño ideal de lote de un producto; este es el resultado último que busca el sistema SMED, y para esto, la metodología propuesta se ha desarrollado conforme al siguiente al diagrama que se muestra en la Figura 5.1.

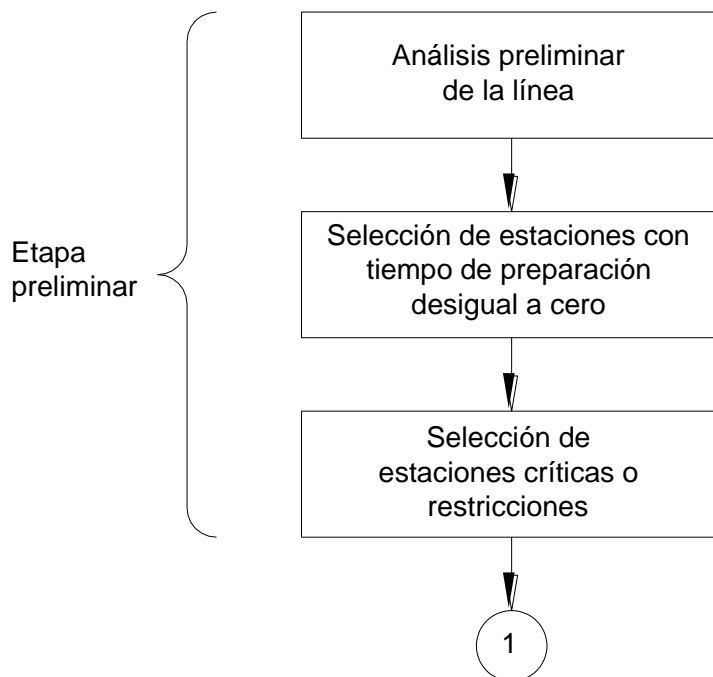


Figura 5.1. Diagrama de Flujo del Sistema SMED
(Fuente: elaboración propia)

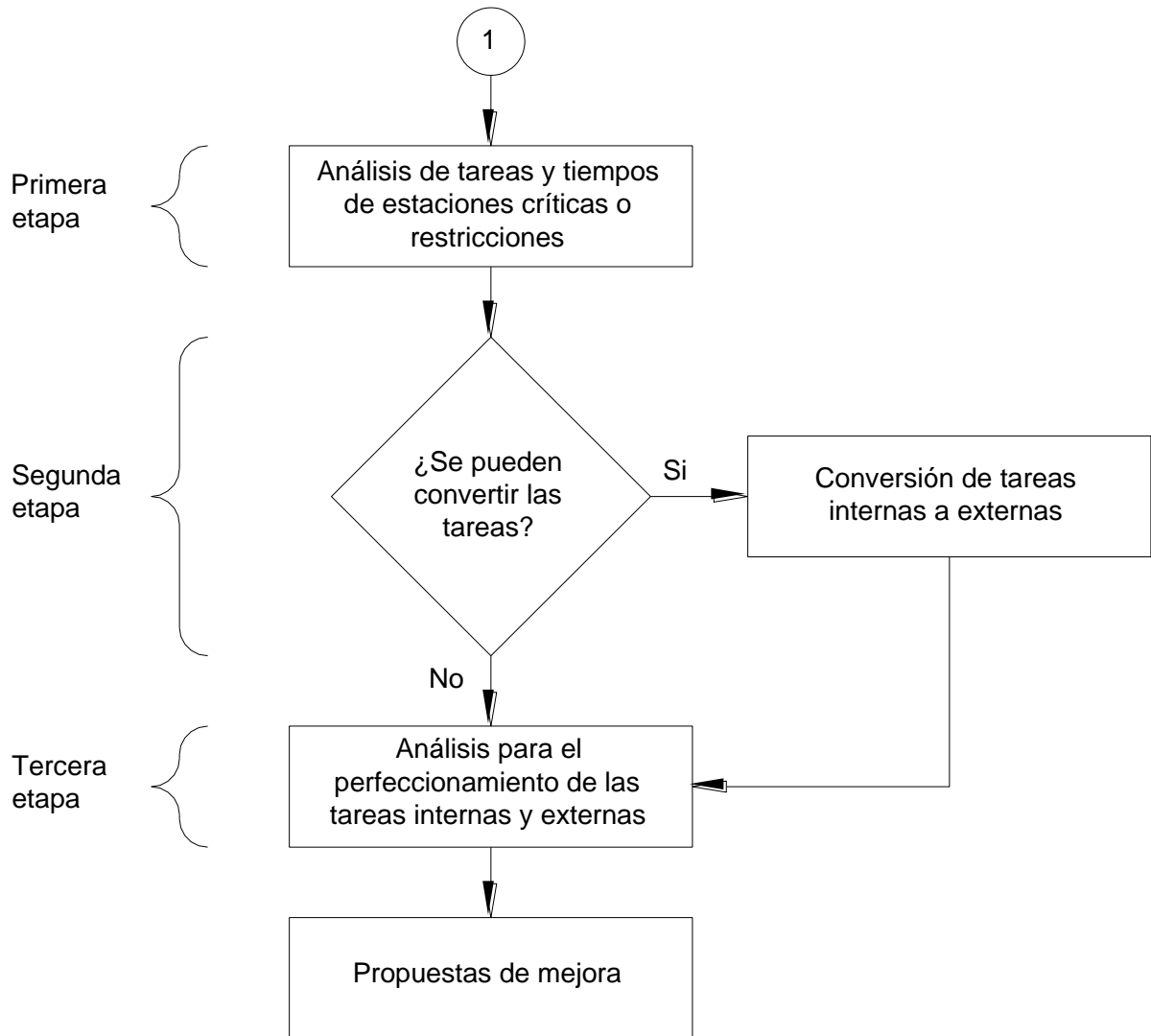


Figura 5.1. Diagrama de Flujo del Sistema SMED (Continuación)
 (Fuente: elaboración propia)

En la Etapa Preliminar se llevó a cabo el análisis de todas las estaciones de la Línea de Mofle Regular, obteniendo la información necesaria para separar las estaciones que no realizan la preparación de máquina cuando ocurre un cambio de modelo de mofle en la producción.

Se realizó la selección de las estaciones críticas siguiendo el criterio indicado por la empresa; este consiste en el enfoque a dos estaciones principales por razones que la compañía considera importantes para la producción; y en efecto; más adelante se comentarán estas razones.

En una gráfica se colocaron las estaciones con tiempo de preparación desigual a cero siguiendo un orden descendente, con la finalidad de ubicar las estaciones críticas, encontrando con esto, que entre estas existían otras que debían tomarse en cuenta para el análisis.

La selección de las estaciones resultantes entre las señaladas por la empresa fue a consecuencia del tiempo que requieren para la preparación de las máquinas y la dificultad para realizar tareas como la de transporte de troqueles, entre otros.

En la Primera Etapa se efectuó un análisis de las tareas y los tiempos en que estos se llevan a cabo y se separaron las internas para transformarlas en externas.

El resultado de este análisis concluyó en que la falta de automatización de las estaciones es una de las limitantes más importantes para la independencia del operador de la máquina; es decir, el operador debe estar en todo momento manipulando la maquinaria para que esta permanezca produciendo.

Por lo anterior, en la Segunda Etapa no se convirtieron tareas de internas a externas.

Dada esta circunstancia, en la Tercera Etapa, se realizó un análisis simultáneo de las formas en que interactúan el operador y las herramientas de la máquina para proceder a la modificación de algunas de ellas.

El rediseño de herramientas o componentes críticos en las estaciones de trabajo resultantes, es una técnica sobre la que se basan algunas de las propuestas realizadas en este trabajo.

Las propuestas de mejora fueron indicadas al final del análisis de cada una de las estaciones de trabajo; la estación en que resultaron más de una propuesta, fueron analizadas para probar la factibilidad de su implementación.

5.2 Análisis preliminar de la línea

En este capítulo se realiza la aplicación de la metodología SMED en la Línea de Mofle Regular, y para este efecto y al mismo tiempo reconocer los procesos, se ha realizado la siguiente descripción de las estaciones de trabajo en la citada línea de producción.

Para sintetizar la información, en la **Tabla 5.1** se muestran todas las operaciones de la Línea de Mofle regular, identificando aquellas actividades que generan tiempo de preparación, es decir, en esta tabla se determinan las estaciones que tienen un tiempo de preparación igual a cero, las que habrán de eliminarse del análisis subsecuente.

Tabla 5.1. Estaciones de Trabajo de la Línea de Mofle Regular
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Estación	¿Se genera tiempo de preparación?	
	Si	No
Corte de boquillas	x	
Reducción / ampliación de boquillas	x	
Corte de tapas	x	
Troquelado de tapas	x	
Ensamble boquilla / tapas	x	
Punteo del subensamble		x
*Corte de cuerpo	x	
*Sellado de cuerpo	x	
Corte de forro	x	
Estriado de forro	x	
Estampado de forro	x	
Sellado de forro	x	
Flanjeado	x	
Corte de tubos interiores	x	
Sellado de tubos interiores	x	
Corte de separadores	x	
Troquelado de separadores	x	
Ensamble separadores / tubos interiores	x	
Punteo del subensamble		x
Ensamble de interiores	x	

Tabla 5.1. Estaciones de Trabajo de la Línea de Mofle Regular (Continuación)

Estación	¿Se genera tiempo de preparación?	
	Si	No
Punteo de interiores		x
Ensamble de las tapas		x
Engargolado	x	

* **Nota:** Los procesos de corte y sellado de cuerpo no son consideradas en el análisis

Es preciso aclarar, que las estaciones de CORTE y SELLADO de CUERPO son las mismas estaciones de CORTE y SELLADO de FORRO.

En producción, el operador fabrica un número determinado de unidades de FORRO, para, ajusta la máquina y posteriormente fabrica la misma cantidad de CUERPOS, y el tiempo de preparación que toma el cambio de producción de un elemento a otro es mínimo, de tal suerte que, considerar para el análisis a las estaciones de CORTE y SELLADO de CUERPO, resulta de poca importancia.

Por lo anterior se eliminan las estaciones de CORTE y SELLADO de CUERPO y se consideran únicamente las estaciones de CORTE y SELLADO de FORRO, que es el elemento que circula por más procesos en la línea.

Para facilitar la comprensión de la información, en la **Tabla 5.2** se muestran las operaciones de la Línea de Mofle Regular, resultantes de la **Tabla 5.1**, en la que se asigna una clave que las identificará en las figuras subsecuentes de este capítulo.

La nomenclatura de esta clave está compuesta con la letra inicial de la palabra PROCESO "P", seguida del número del elemento en el que se ejecuta la operación, (01, 02, 03, etc.). Posteriormente, después de un guión se coloca el

número consecutivo de la operación que se realiza en el elemento (01, 02, 03, etc.). Ejemplo: P05-01, se lee como la operación uno del elemento cinco, que corresponde a la operación de flanjeado (Proceso 01) en el subensamble anterior (Elemento 05).

Tabla 5.2. Asignación de Claves a las Estaciones Resultantes de la Tabla 5.1
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Estación	Elemento	Operación	Clave
Corte de boquillas	01	01	P01-01
Reducción / ampliación de boquillas	01	02	P01-02
Corte de tapas	02	01	P02-01
Troquelado de tapas	02	02	P02-02
Ensamble boquilla / tapas	03	01	P03-01
Corte de forro	04	01	P04-01
Estriado de forro	04	02	P04-02
Estampado de forro	04	03	P04-03
Sellado de forro	04	04	P04-04
Flanjeado	05	01	P05-01
Corte de tubos interiores	06	01	P06-01
Sellado de tubos interiores	06	02	P06-02
Corte de separadores	07	01	P07-01
Troquelado de separadores	07	02	P07-02
Ensamble separadores / tubos interiores	08	01	P08-01
Ensamble de interiores	09	01	P09-01
Engargolado	10	01	P10-01

Tal como aparece en la **Figura 2.6**, la Línea de Mofle Regular se encuentra dividida en la planta, como se muestra en la **Figura 5.2**.

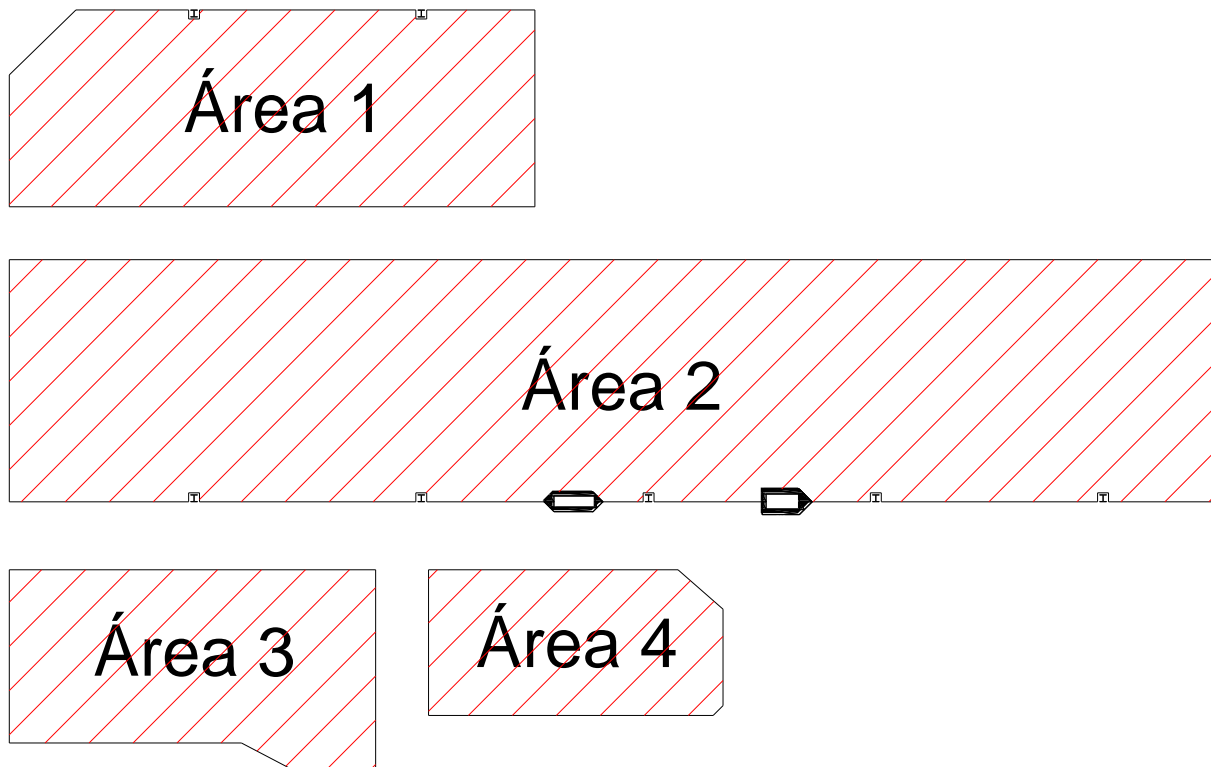


Figura 5.2. Línea de Mofle Regular Dividida en Áreas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Esta línea cuenta con un área aproximada de 1290 M², en los que se encuentran distribuidas todas las máquinas y equipos de producción de esta y de otras líneas.

Estas cuatro áreas están comprendidas por estaciones de trabajo tal como se describen en la **Tabla 5.3**, misma en que se aprecia la clave asignada en la **Tabla 5.2** para facilitar su identificación.

Estas están ordenadas conforme al orden de las áreas en la **Figura 5.2** y no conforme al proceso de producción.

Tabla 5.3. Identificación de las Estaciones de Trabajo por Cada Área de la Línea
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Área	Estación de trabajo	Clave
1	Corte de boquillas	P01-01
	Reducción / ampliación de boquillas	P01-02
	Corte de tapas	P02-01
	Troquelado de tapas	P02-02
	Ensamble boquilla / tapas	P03-01
2	Corte de forro	P04-01
	Estriado de forro	P04-02
	Estampado de forro	P04-03
	Sellado de forro	P04-04
	Flanjeado	P05-01
	Ensamble de interiores	P09-01
	Engargolado	P10-01
3	Corte de tubos interiores	P06-01
	Sellado de tubos interiores	P06-02
	Corte de separadores	P07-01
	Troquelado de separadores	P07-02
4	Ensamble separadores / tubos interiores	P08-01

5.2.1 Descripción de las estaciones de trabajo

La Línea de Mofle Regular cuenta con 21 estaciones de trabajo, divididas en áreas como se ha mencionado en la **Tabla 5.3**.

La **Figura 5.3** se aprecian las estaciones de trabajo correspondientes al Área 1 (Únicamente las marcadas en azul).

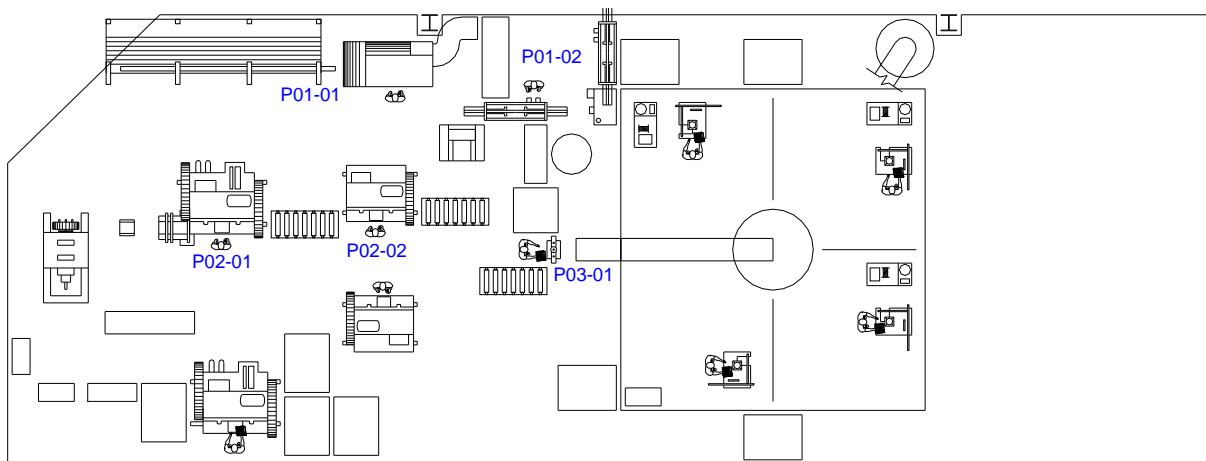


Figura 5.3. Estaciones de Trabajo Correspondientes al Área 1
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

En las **Tablas 5.4** a la **5.8** se presenta una breve descripción de las actividades de las estaciones de trabajo del Área 1. Estas son las que tienen un tiempo de preparación diferente a cero en esta área.

Es decir, del área 1, son estas estaciones en que se realizará el análisis de las operaciones de preparación de máquina, se seleccionaran las estaciones críticas de esta y se encontraran áreas de oportunidad para la reducción del tiempo de preparación.

Tabla 5.4. Descripción de la Estación de Corte de Tubo para Boquillas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)


P01-01 - Corte de tubos para boquillas	
	
<p>Descripción de la estación: Se encarga del suministro de tubería cortada en diámetros específicos para el modelo en producción</p>	
Maquinaria utilizada:	Cortadora de tubos
Elementos intercambiables:	Rodillos y mordaza
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	3.75 segundos
Tiempo de preparación:	679 segundos

Tabla 5.5. Descripción de la Estación de Reducción / Ampliación de Boquillas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)


P01-02 - Reducción / Ampliación de boquillas	
	
<p>Descripción de la estación: Proporcionar los diámetros de acuerdo a las especificaciones del modelo en las boquillas</p>	
Maquinaria utilizada:	Expansora / Reductora de tubos
Elementos intercambiables:	Expansor y reductor
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	3.33 segundos
Tiempo de preparación:	613 segundos

Tabla 5.6. Descripción de la Estación de Corte de Tapas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)


P02-01 - Corte de Tapas	
	
<p>Descripción de la estación: Corta y forma las tapas de entrada y salida del mofle</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa hidráulica
Elementos intercambiables:	Troquel
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	2.50 segundos
Tiempo de preparación:	2,375 segundos

Tabla 5.7. Descripción de la Estación de Troquelado de Tapas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P02-02 - Troquelado de Tapas	
	
<p>Descripción de la estación: Perfora las tapas formadas, proporcionando los orificios en los que se ensamblarán las boquillas</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa hidráulica
Elementos intercambiables:	Troquel
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	3.40 segundos
Tiempo de preparación:	929 segundos

Tabla 5.8. Descripción de la Estación de Ensamble Boquilla / Tapas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P03-01 - Ensamble Boquilla / Tapas	
	
<p>Descripción de la estación: Realiza el ensamble de las boquillas en las tapass perforadas</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa neumática
Elementos intercambiables:	Plantillas
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	2.72 segundos
Tiempo de preparación:	269 segundos

El Área 2 está comprendida por las estaciones de trabajo que se señalan en la **Figura 5.4**, que se ha dividido en dos partes para su mejor apreciación.

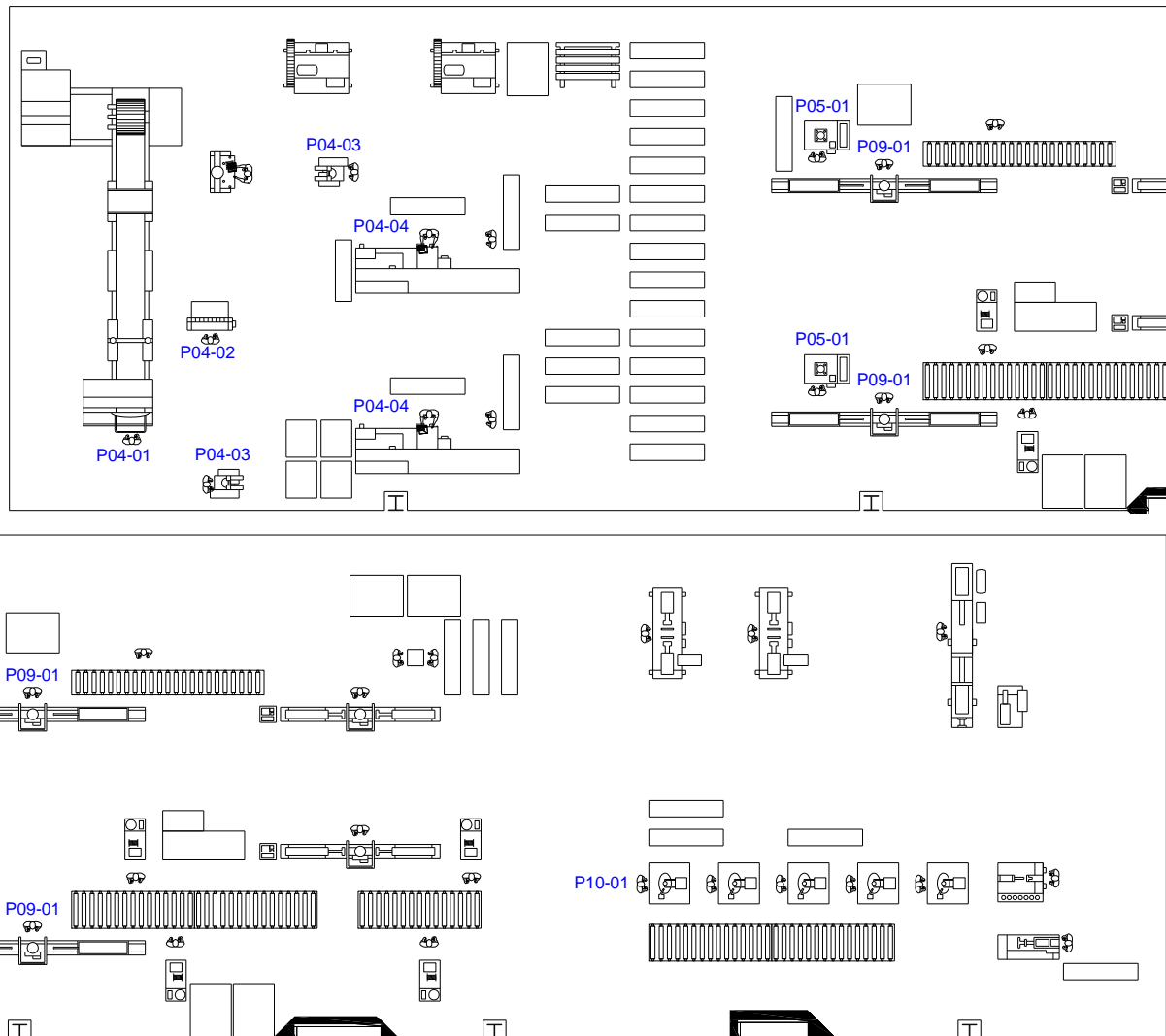


Figura 5.4. Estaciones de Trabajo Correspondientes al Área 2
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

El análisis se efectuará en las estaciones descritas en las **Tablas 5.9** a la **5.15**; correspondientes al Área 2.

Tabla 5.9. Descripción de la Estación de Corte de Forro
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)


P04-01 - Corte de Forro	
	
<p>Descripción de la estación: Corte de lámina según especificaciones del modelo para la creación de forro y cuerpo</p>	
Maquinaria utilizada:	Cortadora de lámina
Elementos intercambiables:	N/A
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	5.20 segundos
Tiempo de preparación:	556 segundos

Tabla 5.10. Descripción de la Estación de Estriado de Forro
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P04-02 - Estriado de Forro	
	
<p>Descripción de la estación: Proporciona el estriado que se solicita según el modelo en producción</p>	
Maquinaria utilizada:	Roladora de lámina
Elementos intercambiables:	N/A
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	2.00 segundos
Tiempo de preparación:	233 segundos

Tabla 5.11. Descripción de la Estación de Estampado de Forro
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P04-03 - Estampado de Forro	
	
<p>Descripción de la estación: Estampa sobre la superficie de la lámina los datos requeridos según el modelo en producción</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa hidráulica
Elementos intercambiables:	Dados
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	2.50 segundos
Tiempo de preparación:	410 segundos

Tabla 5.12. Descripción de la Estación de Sellado de Forro
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P04-04 - Sellado de Forro	
	
<p>Descripción de la estación: Proporciona la forma ovalada o circular a la lámina, sellándola mediante procedimientos mecánicos</p>	
Maquinaria utilizada:	Selladora de lámina
Elementos intercambiables:	Rodillos, mordazas, flecha
Número de operadores:	2
Tiempo por unidad:	5.60 segundos
Tiempo de preparación:	4,584 segundos

Tabla 5.13. Descripción de la Estación de Flanjeado
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P05-01 - Flanjeado	
	
<p>Descripción de la estación: Dobla los bordes del ensamble Cuerpo / Forro para ser engargolado</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa hidráulica
Elementos intercambiables:	Dados y tope
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	8.74 segundos
Tiempo de preparación:	578 segundos

Tabla 5.14. Descripción de la Estación de Ensamble de Interiores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)



P09-01 - Ensamble de Interiores	
	
<p>Descripción de la estación: Ensambla los interiores (Tubos y separadores) al cuerpo del mofle</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa hidráulica
Elementos intercambiables:	Mordazas, plantillas y velas
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	8.57 segundos
Tiempo de preparación:	1,445 segundos

Tabla 5.15. Descripción de la Estación de Engargolado
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P10-01 - Engargolado	
	
<p>Descripción de la estación: Sella el mofle mediante el engargolado de los bordes del forro con las tapas</p>	
Maquinaria utilizada:	Engargoladora
Elementos intercambiables:	Pista, porron, contrapunto y rodillo
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	30.28 segundos
Tiempo de preparación:	1,243 segundos

El Área 3 está comprendida por las estaciones de trabajo que se señalan en la **Figura 5.5** (Únicamente las marcadas en azul).

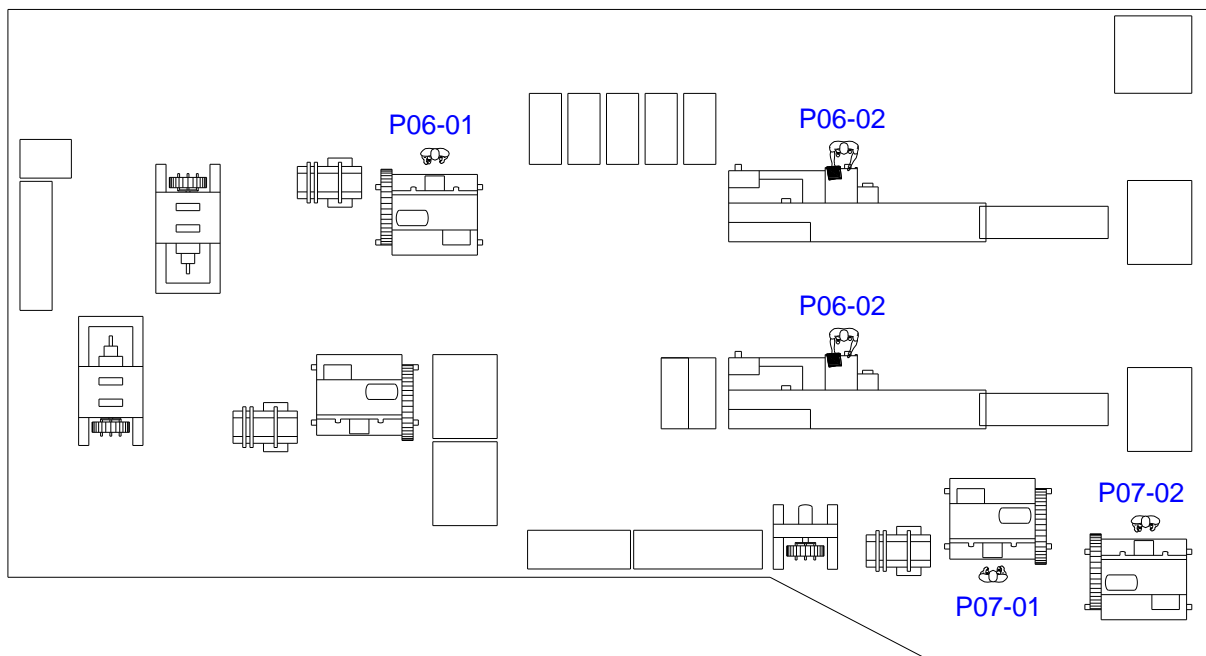


Figura 5.5. Estaciones de Trabajo Correspondientes al Área 3
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Es en estas estaciones en que se efectuará el análisis de las operaciones de preparación de máquina, se seleccionaran las estaciones críticas y se encontraran áreas de oportunidad para la reducción del tiempo de preparación.

De acuerdo a esto, en las **Tablas 5.16** a la **5.19** se describen las estaciones correspondientes al Área 3.

Tabla 5.16. Descripción de la Estación de Corte de Tubos Interiores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P06-01 - Corte de Tubos Interiores	
	
<p>Descripción de la estación: Corta y perfora la lámina para formar los tubos interiores</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa hidráulica
Elementos intercambiables:	Plantilla y guías
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	1.6 segundos
Tiempo de preparación:	777 segundos

Tabla 5.17. Descripción de la Estación de Sellado de Tubos Interiores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)


P06-02 - Sellado de Tubos Interiores	
	
<p>Descripción de la estación: Forma los tubos interiores con la lámina cortada</p>	
Maquinaria utilizada:	Selladora de lámina
Elementos intercambiables:	Calces, acarreadores y flecha
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	3.30 segundos
Tiempo de preparación:	1,170 segundos

Tabla 5.18. Descripción de la Estación de Corte de Separadores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)


P07-01 - Corte de Separadores	
	
<p>Descripción de la estación: Corta y forma la lámina para separadores</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa hidráulica
Elementos intercambiables:	Troquel
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	2.60 segundos
Tiempo de preparación:	1,925 segundos

Tabla 5.19. Descripción de la Estación de Troquelado de Separadores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P07-02 - Troquelado de Separadores	
	
<p>Descripción de la estación: Perfora la lámina para separadores</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa hidráulica
Elementos intercambiables:	Troquel
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	3.60 segundos
Tiempo de preparación:	1,501 segundos

Finalmente, el área 4 está comprendida por las estaciones de trabajo que se señalan en la **Figura 5.6**.

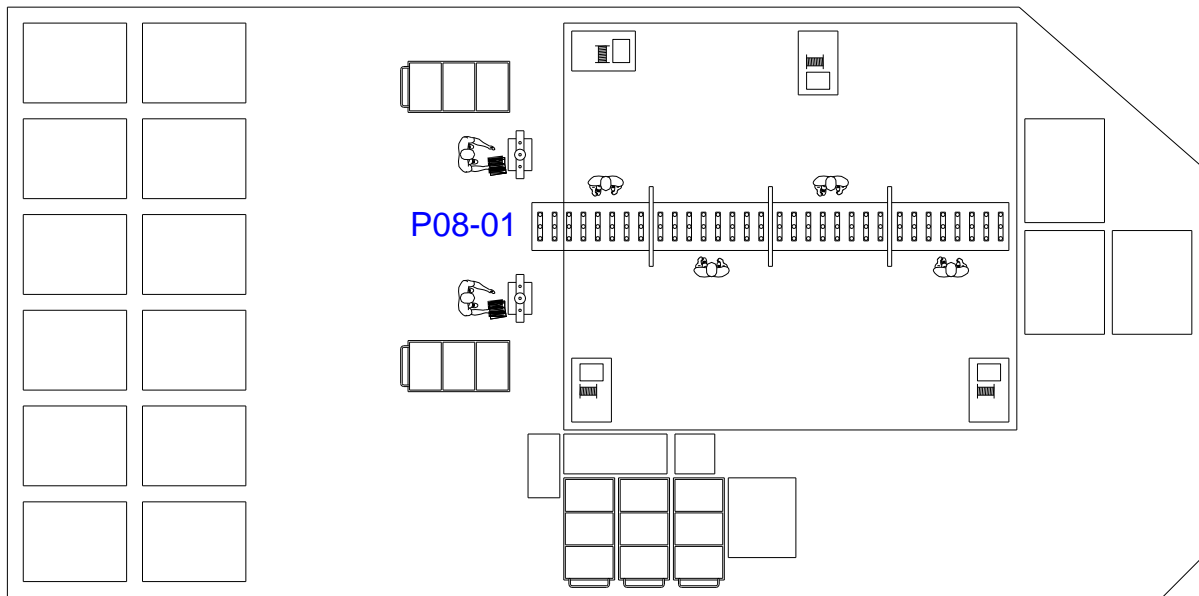



Figura 5.6. Estaciones de Trabajo Correspondientes al Área 4
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

En área 4, únicamente se realizará el análisis en la estación de Ensamble de Separadores / Tubos Interiores, ya que es esta la única estación que realiza cambio de herramientas, se observará si esta se encuentra dentro de las estaciones críticas y se buscarán áreas de oportunidad para la reducción del tiempo de preparación.

En la **Tabla 5.20** se encuentra la descripción de la estación de Ensamble de Separadores / Tubos interiores.

Tabla 5.20. Descripción de la Estación de Ensamble de Separadores / Tubos Interiores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

P08-01 - Ensamble Separadores / Tubos Interiores	
	
<p>Descripción de la estación: Realiza el ensamble de los tubos interiores a los separadores, posteriormente el subensamble pasa a la estación de soldadura</p>	
Maquinaria utilizada:	Prensa neumática
Elementos intercambiables:	Plantilla y velas
Número de operadores:	1
Tiempo por unidad:	5.20 segundos
Tiempo de preparación:	575 segundos

La **Figura 5.7** muestra el diagrama de recorrido del producto.

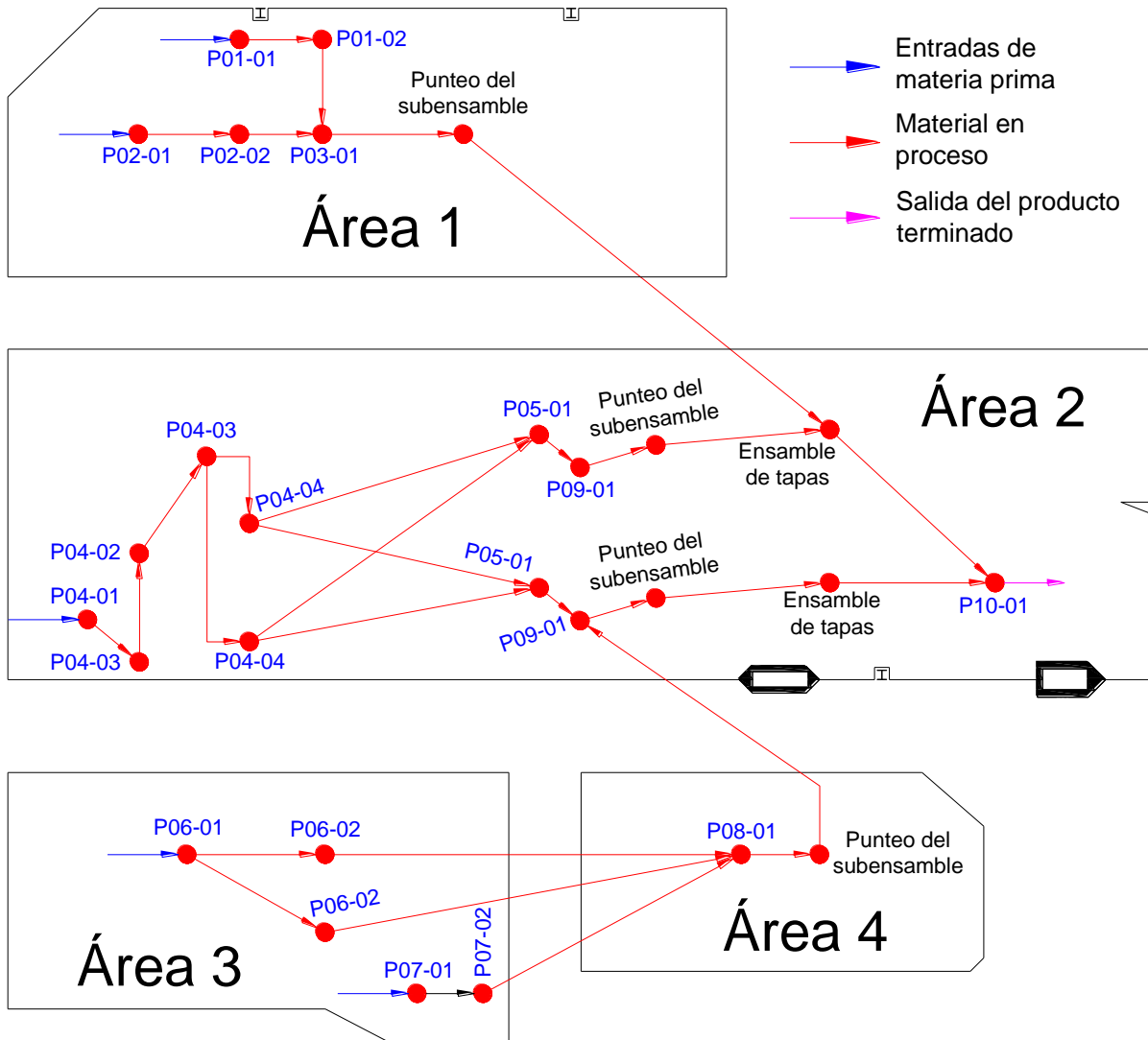


Figura 5.7. Diagrama de Flujo de Proceso del Producto, las Estaciones con Nombre del Proceso no Utilizan Tiempo para Preparación de Maquinaria
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

5.2.2 Identificación de restricciones

De acuerdo a las indicaciones de la dirección, la selección de las estaciones críticas recae principalmente en dos del total, particularmente en las estaciones de Sellado de Forro y Ensamble de Interiores.

Para justificar el criterio de selección anterior, se procedió a la obtención de datos en todas las estaciones de trabajo marcadas en la **Tabla 5.1** con tiempo de preparación mayor que cero, obteniendo los datos mostrados en la **Tabla 5.21**.

Tabla 5.21. Tiempos Promedio de Preparación
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Clave	Estación	Tiempo (S)
P01-01	Corte de boquillas	11.33
P01-02	Reducción / ampliación de boquillas	10.23
P02-01	Corte de tapas	39.59
P02-02	Troquelado de tapas	15.48
P03-01	Ensamble boquilla / tapas	4.49
P04-01	Corte de forro	9.26
P04-02	Estriado de forro	3.89
P04-03	Estampado de forro	6.84
P04-04	Sellado de forro	76.40
P05-01	Flanjeado	9.64
P06-01	Corte de tubos interiores	12.95
P06-02	Sellado de tubos interiores	19.50

Tabla 5.21 Tiempos Promedio de Preparación (Continuación)

Clave	Estación	Tiempo (S)
P07-01	Corte de separadores	32.09
P07-02	Troquelado de separadores	25.02
P08-01	Ensamble separadores / tubos interiores	9.59
P09-01	Ensamble de interiores	24.07
P10-01	Engargolado	20.71

Estos datos fueron obtenidos haciendo un promedio simple de tres tomas de tiempos de cambio completo de herramental en la máquina.

Al mencionar “Cambio Completo de Herramental” se hace referencia al cambio de componentes que se realiza para la producción de un modelo completamente distinto al actual.

Esto implica hacer el ajuste de todos los elementos de la máquina que interactúan directamente con el producto; ejemplo de estos son las flechas, dados, plantillas, troqueles, ajuste de dimensiones o carrera, tornillos, mordazas, topes, etc.

Se seleccionan las estaciones críticas de trabajo señaladas por la empresa y el número de máquinas comprendidas entre ellas según el tiempo que toma su proceso de preparación, de acuerdo al orden con el que aparecen en la **Tabla 5.22**; esta muestra los tiempos consumidos por máquina en porcentajes del total y acumulados.

Tabla 5.22. Porcentajes del Tiempo Total de Preparación
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Clave del proceso	Tiempo de tarea (Min)	Porcentaje individual	Porcentaje acumulado
P04-04	76.40	23%	23%
P02-01	39.59	12%	35%
P07-01	32.09	10%	45%
P07-02	25.02	8%	53%
P09-01	24.07	7%	60%
P10-01	20.71	6%	66%
P06-02	19.50	6%	72%
P02-02	15.48	5%	77%
P06-01	12.95	4%	81%
P01-01	11.33	3%	84%
P01-02	10.23	3%	87%
P05-01	9.64	3%	90%
P08-01	9.59	3%	93%
P04-01	9.26	3%	96%
P04-03	6.84	2%	98%
P03-01	4.49	1%	99%
P04-02	3.89	1%	100%
	331.08	100%	

En la **Figura 5.8** se han ordenado los tiempos en sus porcentajes correspondientes para pre-visualizar la ubicación de las restricciones seleccionadas en las que trabajar, obedeciendo al tiempo demorado en la preparación de la maquinaria.

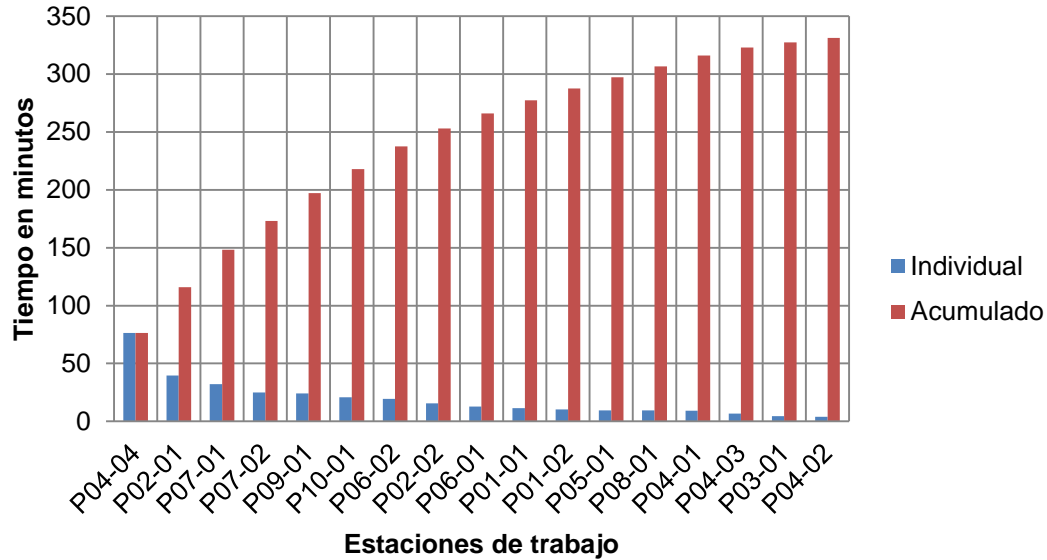


Figura 5.8. Identificación de Restricciones
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

De la figura anterior se deduce que las estaciones que consumen más tiempo de preparación, son:

- Sellado de forro P04-04
- Corte de tapas P02-02
- Corte de separadores P07-01
- Troquelado de separadores P07-02
- Ensamble de interiores P09-01

Con el orden de la lista anterior, la empresa imprime importancia a estas estaciones de trabajo debido a los siguientes factores.

Sellado de Forro:

- Tiene el mayor número de elementos de ajuste
- Depende de elementos externos para realizar la preparación de la máquina
- Es la estación con mayor tiempo de preparación registrado
- Sin *stock* generaría un cuello de botella en producción

Corte de Tapas, Corte de Separadores y Troquelado de Separadores:

- Son las estaciones que utilizan los troqueles más pesados
- Comparten herramientas, entre ellas y con otras estaciones
- Son áreas con bajo nivel de orden y limpieza

Ensamble de Interiores:

- Representa el principal cuello de botella en producción

Por lo anterior se enfocó la metodología SMED únicamente en estas estaciones; se tiene entonces como primera restricción a la estación de Sellado de Forro, sobre la que se aplicará en primera instancia la metodología SMED.

El modo de operación de esta estación se basa en la producción de un número determinado de forros, se detiene la máquina, se ajusta y posteriormente reanuda con la producción de cuerpos; razón por la que se han eliminado los procesos de CORTE y SELLADO de CUERPO, debido a la simplicidad de ajustes realizados entre el cambio de producción de FORRO a CUERPO.

5.3 Aplicación de SMED en la Estación de Sellado de Forro

5.3.1 Análisis preliminar de las tareas del cambio de herramienta

En la **Tabla 5.23** se describen las actividades efectuadas por los operadores de la máquina para realizar el cambio de herramientas.

Tabla 5.23. Descripción del Cambio de Herramienta en la Estación de Sellado de Forro
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)	Tipo	
		Interno	Externo
Apagado de máquina	07	x	
Desmontar rodillos y dejar en estante	561	x	
Desmontar mordazas y dejar en estante	299	x	
Desmontar topes y dejar al alcance	255	x	
Desmontar flecha y dejar en estante	713	x	
Montar nueva flecha	929	x	
Ir por mordazas y montar en máquina	309	x	
Ir por rodillos y montar en máquina	676	x	
Montar topes y ajustar	358	x	
Ajustar altura de carrera del balancín	65	x	
Encendido de máquina	07	x	
Ajustes y pruebas finales	404	x	

Esta estación tiene un tiempo total de 4584 segundos, equivalente a 76.40 minutos promedio.

5.3.2 Transformación de tareas internas a externas

5.3.2.1 Situación actual

Para describir a detalle el proceso de preparación es necesario mencionar que, este se vale de la disponibilidad de algunos elementos externos como montacargas y llaves para el desmontaje y montaje de herramientas.

El montacargas tiene de entre las más importantes, las funciones de transportar contenedores llenos de material en proceso a donde se requieren, mover *stock* a los lugares establecidos y apoyar en el transporte de materia prima desde el almacén.

Muchas de las llaves y herramientas de apoyo tiene que compartirlas con la estación de sellado ubicada a un costado de esta y en ocasiones las herramientas son requeridas simultáneamente.

La limitante más importante para la transformación de tareas internas a externas es que, en esta estación es necesaria la presencia de ambos operarios en el trabajo de la máquina; esto impide que uno o ambos puedan realizar tareas de preparación previas al paro de la misma.

Lo anterior no es más que la falta de automatización de la maquinaria; situación que provoca un efecto de dependencia humana.

Para comprender la situación expuesta, la **Tabla 5.24** muestra el diagrama de actividades que los operadores realizan en durante la producción:

Tabla 5.24. Diagrama de Operaciones de Producción
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Oper 1	Oper 2	Actividad
Encender máquina	○	□	En espera
Tomar primera lámina y colocar en posición	○	□	En espera
Operación de sellado de la máquina	○	□	En espera
Tomar siguiente lámina y colocar en posición	○	○	Recepción de lámina sellada
Operación de sellado de la máquina	○	○△	Ensamble de cuerpo / forro o almacén en carro de stock
Tomar siguiente lámina y colocar en posición	○	□	En espera
...			...

Estas actividades se repiten invariablemente durante la producción de un lote o parte de él. Esto señala que la máquina en cuestión no puede prescindir de ninguno de los operadores para trabajar correctamente.

Por esta razón se procedió a la mejora de los métodos con que se realizan las tareas observadas y el rediseño de algunas herramientas y componentes críticos de la máquina.

Como ejemplos de estos fungen rodillos, mordazas, topes, flecha, ajustes varios de la máquina, etc.

Los rodillos, mordazas y topes son los primeros en removerse de la máquina para disponer de espacio suficiente al realizar el cambio de la flecha. Los rodillos y mordazas se intercambian por las que serán instaladas posteriormente, mientras que

los topes únicamente se quitan y se ajustan posteriormente a las dimensiones del modelo a fabricar.

La tarea más difícil de realizar en todo este cambio es el montaje y desmontaje de flechas, y para su intercambio es necesaria la intervención del montacargas por ser este un elemento cuyo peso varía entre 150 y 360 kg y un operador es capaz de realizar la operación de transporte.

Ya se ha comentado que la disponibilidad del montacargas es un factor importante puesto que aunque reciba un aviso anticipado solicitando su asistencia en la estación, en ocasiones este se encuentra realizando actividades que no es posible dejar en términos medios, como el transporte y montaje de cintas de lámina en los desenrolladores de las prensas.

El diagrama de operaciones del cambio de herramientas en la máquina de sellado se observa en la **Tabla 5.25**.

Tabla 5.25. Diagrama de Operaciones de Cambio de Herramienta
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador 1	Operador 2	Actividad
Apagar máquina	○	□	En espera
Aflojar y retirar rodillos	○	⇒	Ir por rodillos a colocar
Dejar rodillos en estante	○	○	Aflojar mordazas
Aflojar topes y desmontar	○	□	En espera
Buscar montacargas	⇒	○	Desmontar mordazas
En espera	□	⇒	Llevar mordazas a estante

Tabla 5.25 Diagrama de Operaciones de Cambio de Herramienta (Continuación)

Actividad	Operador 1	Operador 2	Actividad
Aflojar flecha (Con montacargas en posición)	○	○	Aflojar flecha (Con montacargas en posición)
El montacargas retira la flecha			
Traer mordazas nuevas	⇒	○	Maniobra de montaje de flecha en portaflechas
En espera	D	○	Maniobras de selección de flecha
El montacargas (MC) transporta la flecha al sitio			
Maniobras de posicionamiento del flecha (Con MC)	○	D	En espera
Atornillado de flecha (Con MC en posición)	○	○	Atornillado de flecha (Con MC en posición)
Se retira el montacargas (MC)			
Colocación de rodillos	○	○	Montaje de mordazas derechas
Montaje de mordazas izquierdas	○	○	Fijación y atornillado de mordazas
Colocación y ajuste de topes	○	D	En espera
Encendido de máquina	○	D	En espera
Pruebas y justes finales de máquina			

5.3.3 Propuesta de Mejoramiento I

5.3.3.1 Para las operaciones de montaje de flecha

Para coadyuvar en la disminución de tiempo de preparación podría prescindirse del uso de montacargas utilizando un APILADOR MANUAL, que facilite

la intervención del operador en el transporte de la flecha a montar mientras que el otro se encuentra en las operaciones de desmontaje de rodillos, mordazas y topes.

De esta manera se elimina el tiempo usado en la espera del montacargas actual y el tiempo que este utiliza realizando las maniobras en el espacio reducido que existe en esta área, y con la disminución de tareas de este, aumenta su disponibilidad para sus otras tareas.

Para la compra del apilador manual se han cotizado los precios de cuatro modelos distintos que satisfacen las necesidades de esta y de otras estaciones de trabajo.

En las páginas siguientes se observará que no es esta la única estación que requiere de una de estas herramientas, factor común que se identifica con las siguientes características:

- Muchos componentes y utillaje de maquinaria son pesados
- El operario no puede realizar la operación de transporte
- No se cuenta con las herramientas de apoyo a la mano

Para tener una base de elección de cualquiera de los modelos cotizados, al finalizar la propuesta 1 se realiza un análisis de factibilidad; este evalúa la propuesta de mejora 1 con cada uno de cuatro modelos de apiladores manuales.

En las **Tablas** de la **5.26** a la **5.29** se muestran los datos relevantes de las cotizaciones realizadas.

Tabla 5.26. Opción A. Apilador Hidráulico de Accionamiento y Tracción Manual
(Fuente: elaboración propia con datos de cotización)

	Características	
	Capacidad de carga	1,500 Kg
	Largo de uñas	90 Cms
	Peso	260 Kg
	Precio (Pesos)	\$ 14,890

Tabla 5.27. Opción B. Apilador Hidráulico de Accionamiento Manual
(Fuente: elaboración propia con datos de cotización)

	Características	
	Capacidad de carga	1,000 Kg
	Largo de uñas	100 Cms
	Peso	340 Kg
	Precio (Pesos)	\$ 21,490

Tabla 5.28. Opción C. Apilador Hidráulico de Accionamiento y Tracción Manual
(Fuente: elaboración propia con datos de cotización)

	Características	
	Capacidad de carga	1,000 Kg
	Largo de uñas	110 Cms
	Peso	320 Kg
	Precio (Pesos)	\$ 17,550

Tabla 5.29. Opción D. Apilador Eléctrico de Tracción Manual
(Fuente: elaboración propia con datos de cotización)

	Características	
	Capacidad de carga	1,000 Kg
	Largo de uñas	110 Cms
	Peso	430 Kg
	Precio (Pesos)	\$ 41,500

Así mismo, se ha propuesto el rediseño del estante portaflechas.

El diseño actual de este consiste en el arreglo de tres pares de vigas de 3" x 4" de sección y 45" de largo, dispuestos horizontalmente en pares para cargar 4 flechas en promedio por par. Se mencionó anteriormente que el peso de las flechas oscila entre 150 y 360 kg, es decir, que cada par de estructuras soporta alrededor de 1,000 kg de peso aproximadamente.

La **Figura 5.9** muestra la situación actual de este y la forma en que las flechas son acomodadas.



Figura 5.9. Diseño Actual del Portaflechas
(Fuente: imagen tomada de la empresa)

Este diseño no ofrece ventaja alguna para la selección de la flecha a utilizar, por el contrario, debido a que el programa de producción es variable, en ocasiones la flecha a utilizar no es la que se encuentra inmediatamente al alcance del montacargas, teniendo por lo tanto que desmontar las que la preceden, tomar la flecha a montar y posteriormente acomodar en el portaflechas las que se quitaron en principio.

En este caso, se ha rediseñado el modelo actual, resultando el que se muestra en la **Figura 5.10**.

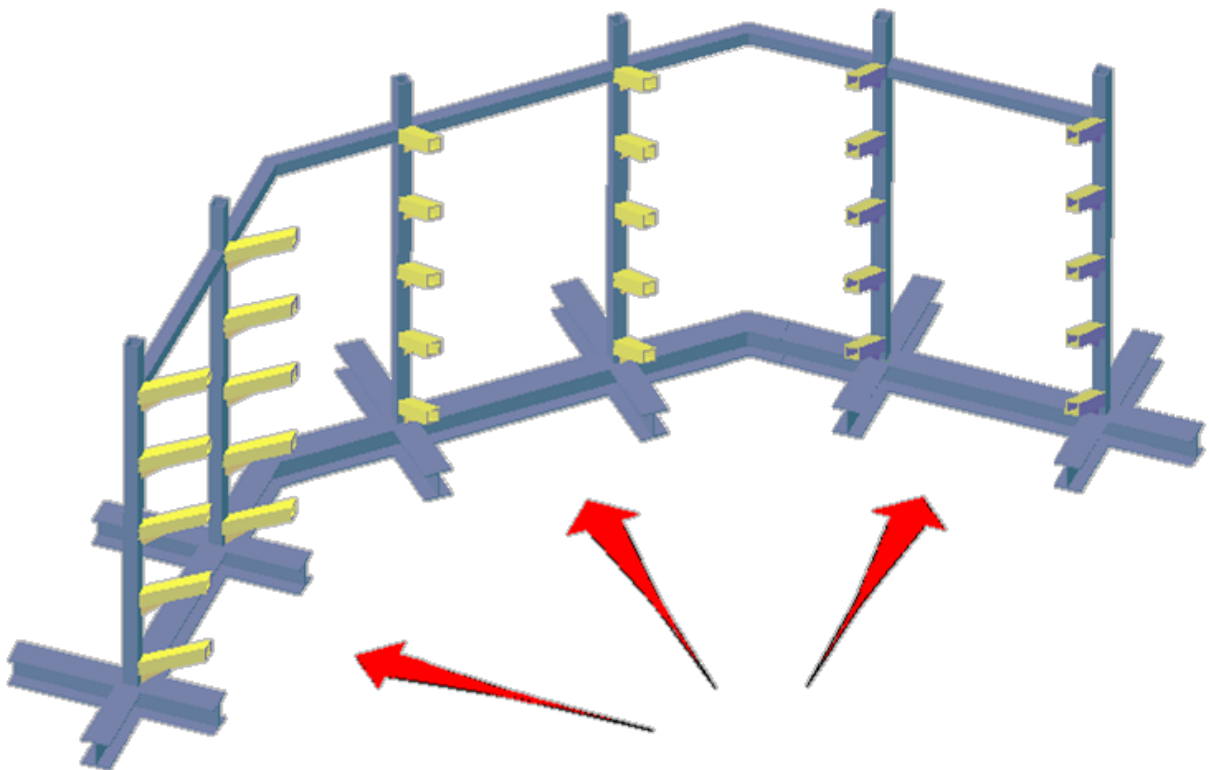


Figura 5.10. Portaflechas Propuesto Instalado en Lugar del Actual
(Fuente: elaboración propia)

El diseño de este elemento tiene las siguientes ventajas:

- Permite al montacargas tener acceso directo a la flecha que va a utilizar y al espacio en donde dejará la que acaba de desmontar
- Tiene compartimentos para colocar flechas para la fabricación de futuros productos

Este portaflechas está compuesto por tres partes modulares y sus dimensiones generales se muestran en la **Figura 5.11**.

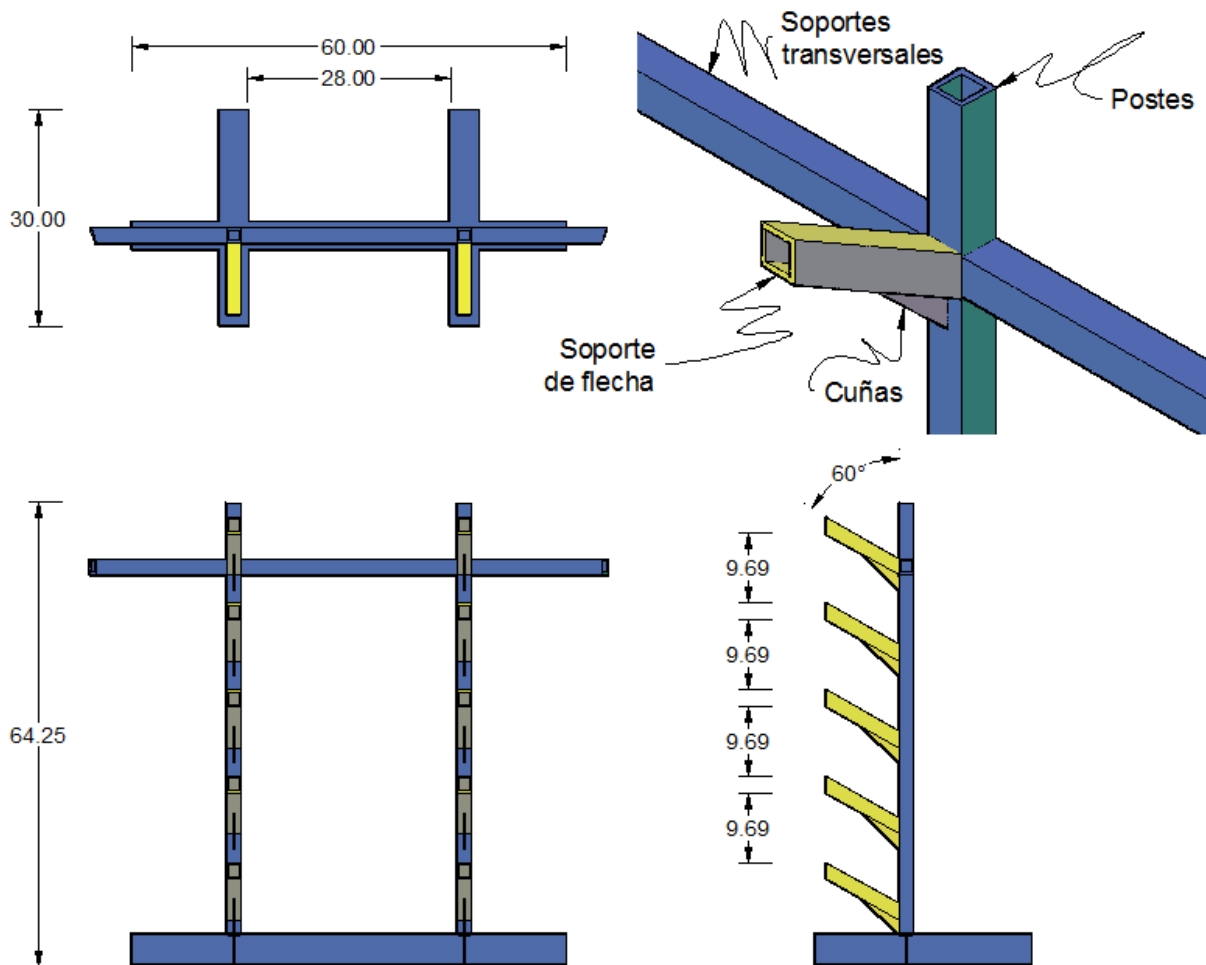


Figura 5.11. Dimensiones Generales del Modelo de Portaflechas Propuesto
(Fuente: elaboración propia)

Algunas de las desventajas de este prototipo son:

- Necesita más espacio del que se dispone
- Se necesita un reacomodo de otras máquinas para disponer de espacio adicional

Este prototipo tiene un costo de \$3,500 aproximadamente e incluye materiales y mano de obra.

5.3.3.2 Propuesta de mejora en montaje de mordazas

Por otro lado, se tiene que, en especial el intercambio de mordazas consume un tiempo de preparación de 608 segundos en promedio; estas utilizan un sistema de fijación de tornillos, como se observa en la **Figura 5.12**.



Figura 5.12. Diseño Actual de Mordazas (Instaladas en la Máquina)
(Fuente: imagen tomada de la empresa)

Existen alrededor de trece modelos diferentes de mordazas, y su diseño general obedece al que muestra la **Figura 5.13**.

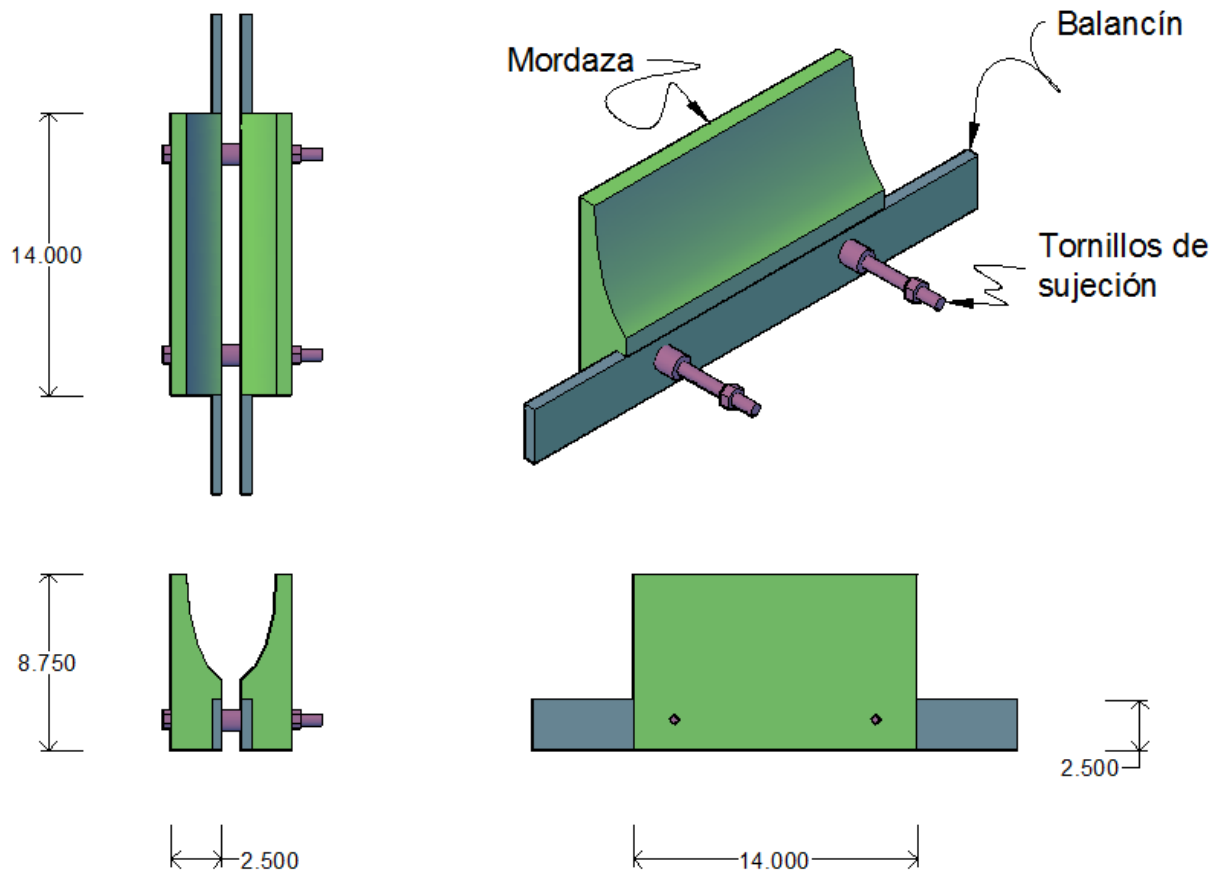


Figura 5.13. Diseño Actual de las Mordazas con Fijación Mediante Tornillos
(Fuente: elaboración propia)

A razón de esto, el tiempo que se requiere para fijarlas a la máquina es de alrededor de 10 minutos.

Para contrarrestar este tiempo, se propone un rediseño que contemple un método de fijación de montaje sin tornillos, es decir, tomar las mordazas y colocarlas

en la posición requerida, de acuerdo a un sistema Poka-Yoke que evite un ensamble incorrecto, lo anterior se observa en la **Figura 5.14**.

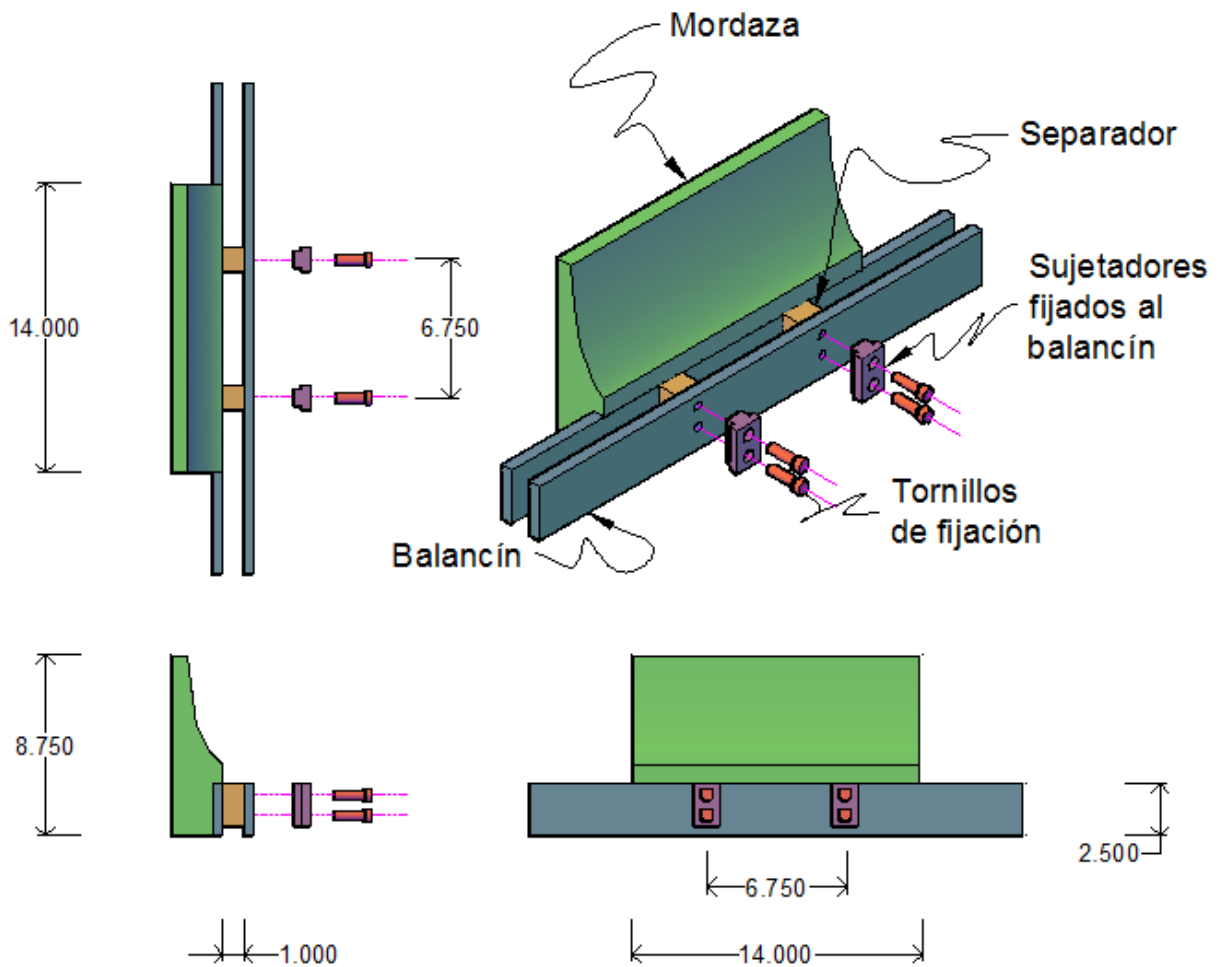


Figura 5.14. Propuesta de Mordaza con Sistema de Fijación *Poka-Yoke*
(Fuente: elaboración propia)

El ajuste para esta mejora deberá realizarse directamente en el balancín de la máquina. Y consiste en colocar dos sujetadores en cada lado a manera de riel, sobre los que se montarán las mordazas.

En la **Figura 5.15** se muestra el detalle para la fijación de los sujetadores de la mordaza.

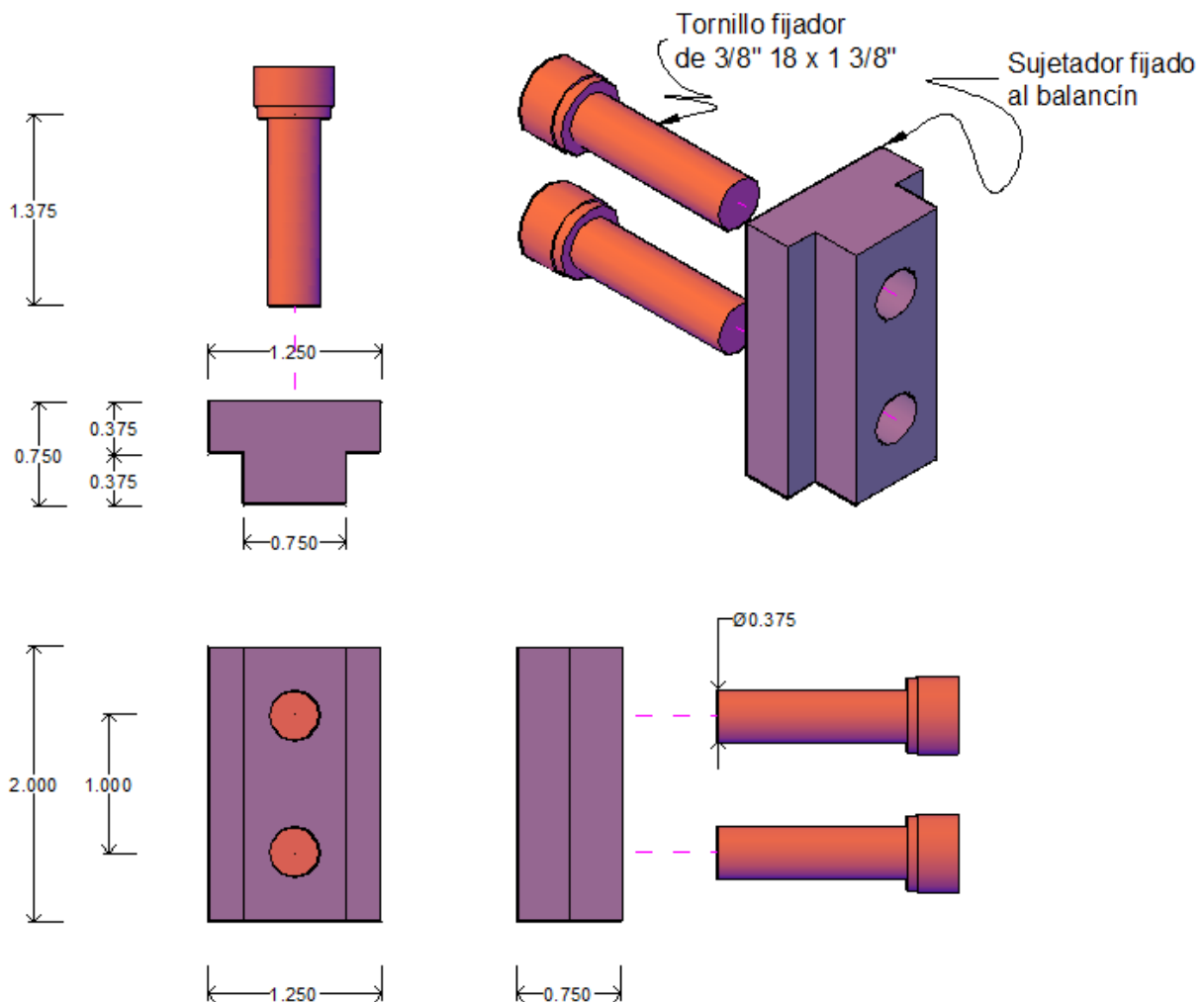


Figura 5.15. Instalación de Sujetadores para Mordaza en el Balancín de la Máquina
(Fuente: elaboración propia)

Este sistema no permitirá que la mordaza se coloque de otra manera más que como lo permiten los sujetadores. Cada mordaza cuenta con 2 sujetadores, y la máquina utiliza 4 mordazas, lo que se traduce a 8 sujetadores en total. La mordaza instalada se observa en la **Figura 5.16**.

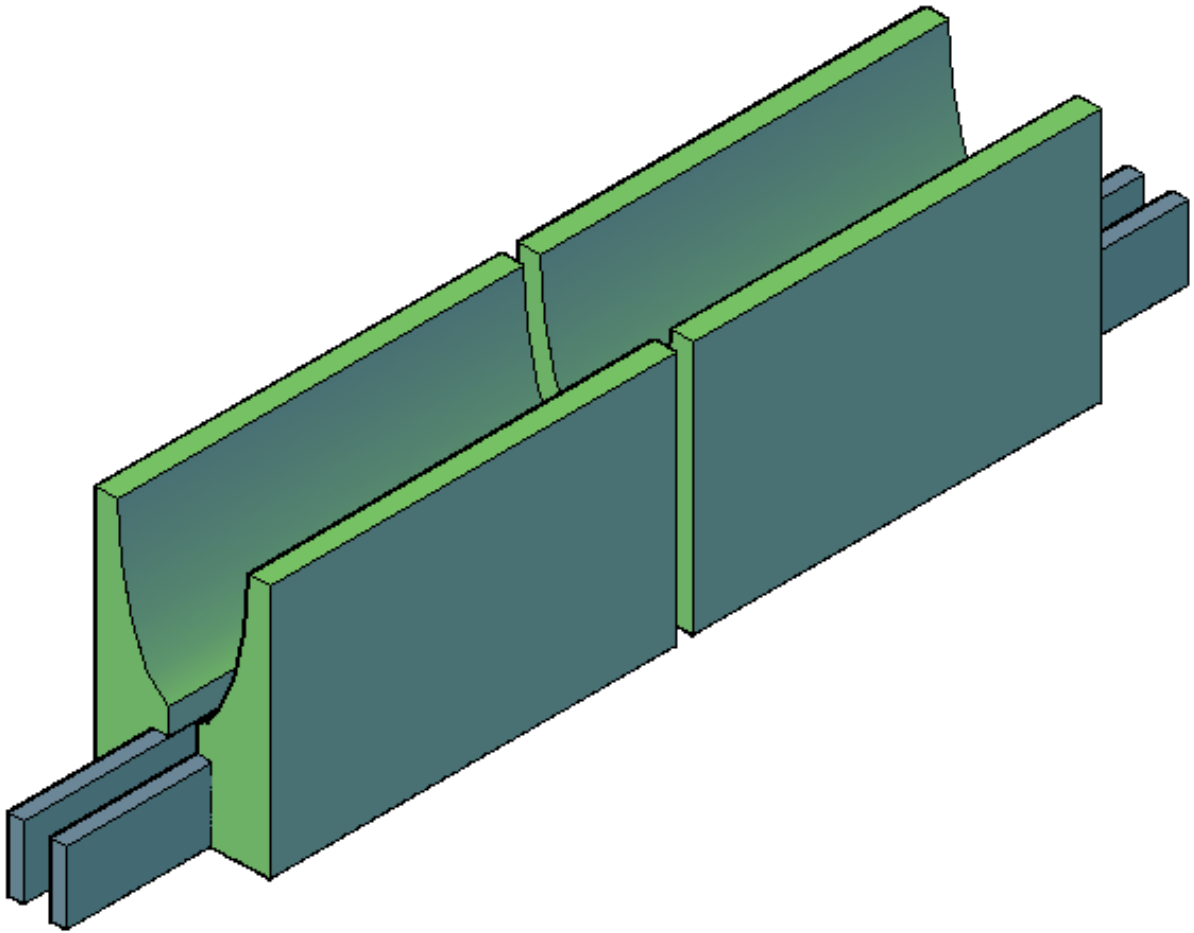


Figura 5.16. Mordaza Propuesta Instalada en la Selladora
(Fuente: elaboración propia)

Al igual que el montacargas, esta propuesta se encuentra en el departamento de proyectos esperando su aprobación para implementar su uso en la máquina de la estación de sellado de forro.

5.3.3.3 Propuesta de mejora en ajuste de topes

Los topes son elementos que sirven de límite al paso de la lámina en su camino hacia la posición correcta para el sellado. La secuencia cambios se realiza quitando en primer lugar a los rodillos, luego el tope, que es el que permite el desmontaje de las mordazas que se encuentran en ese lado de la máquina; este elemento no se intercambia, únicamente vuelve a montarse y ajustarse de acuerdo a las dimensiones del modelo a producir; el diseño actual se aprecia en la **Figura 5.17**.



Figura 5.17. Topes Actuales (Instalados en la Selladora)
(Fuente: imagen tomada de la empresa)

Este ajuste se lleva a cabo a prueba y error mediante el uso de una cinta métrica.

Para esto, el operador tiene que medir desde el eje vertical de la flecha montada hasta el tope, la distancia que necesita recorrer la lámina para que quede centrada y el sellado se efectúe correctamente; esta medición es la que dificulta la operación de ajuste, por lo que con el rediseño de los topes, se pretende reducir el tiempo que requiere esta maniobra.

El diseño propuesto se aprecia en la **Figura 5.18**.

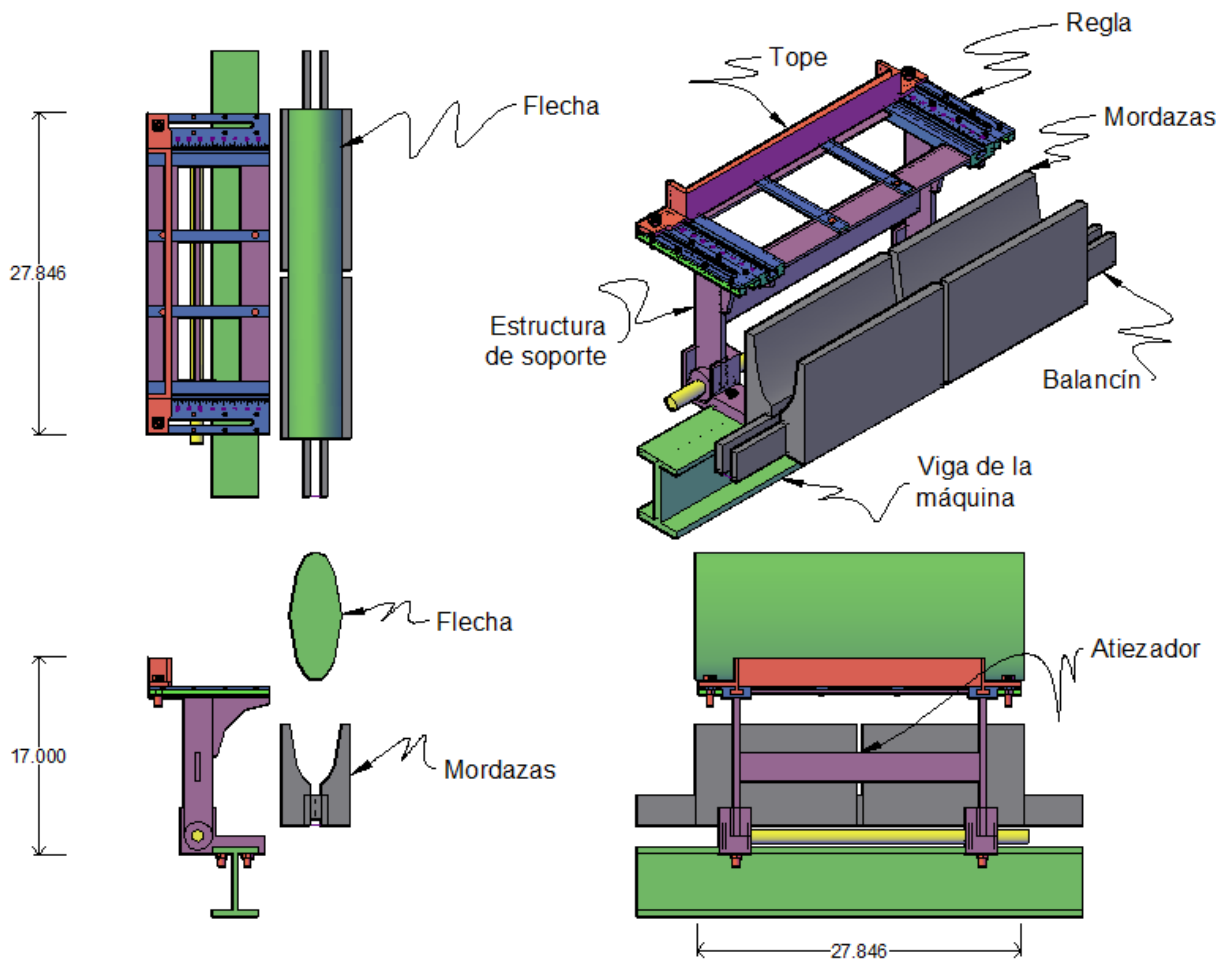


Figura 5.18. Diseño de Tope Propuesto (Instalado en la Máquina)
(Fuente: elaboración propia)

La idea de este rediseño es que, el operador no tenga que desenroscar un solo tornillo para desmontar el tope así como permitir un ajuste rápido de dimensiones valiéndose de una graduación en la cara superior del mismo. Esta graduación tiene el cero ubicado en eje vertical de la flecha (**Figura 5.19**), así, el operario incluso prescindirá del uso de la cinta métrica para realizar la medición.

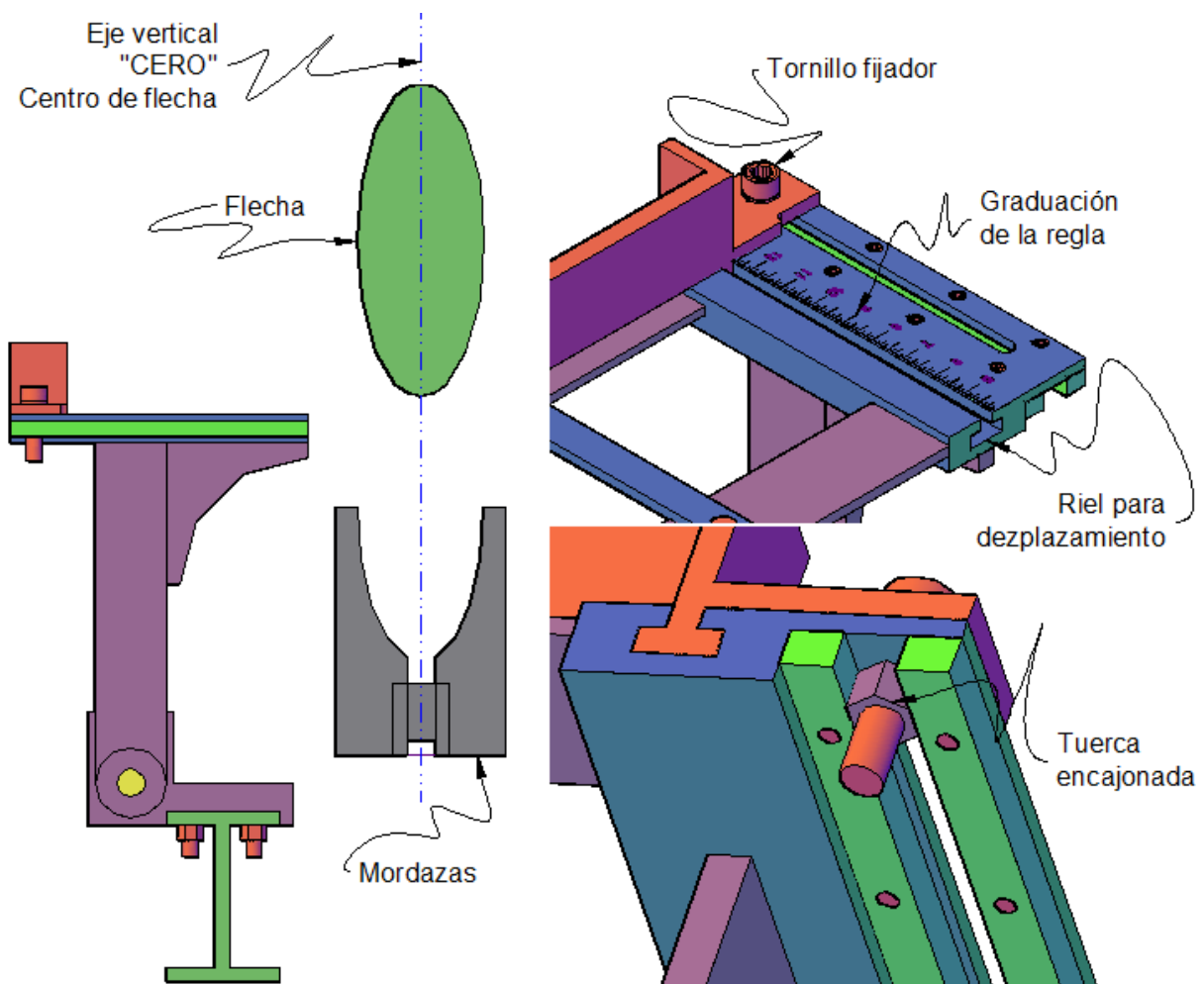


Figura 5.19. Ubicación del Eje Cero en la Flecha (Izquierda), Graduación de la Regla (Superior derecha) y Modo de Ajuste de la Carrera (Inferior derecha)
(Fuente: elaboración propia)

Los tornillos que no puedan eliminarse serán de las mismas dimensiones con la finalidad de usar la misma llave para todos.

El ensamble para este prototipo se ilustra en la **Figura 5.20**.

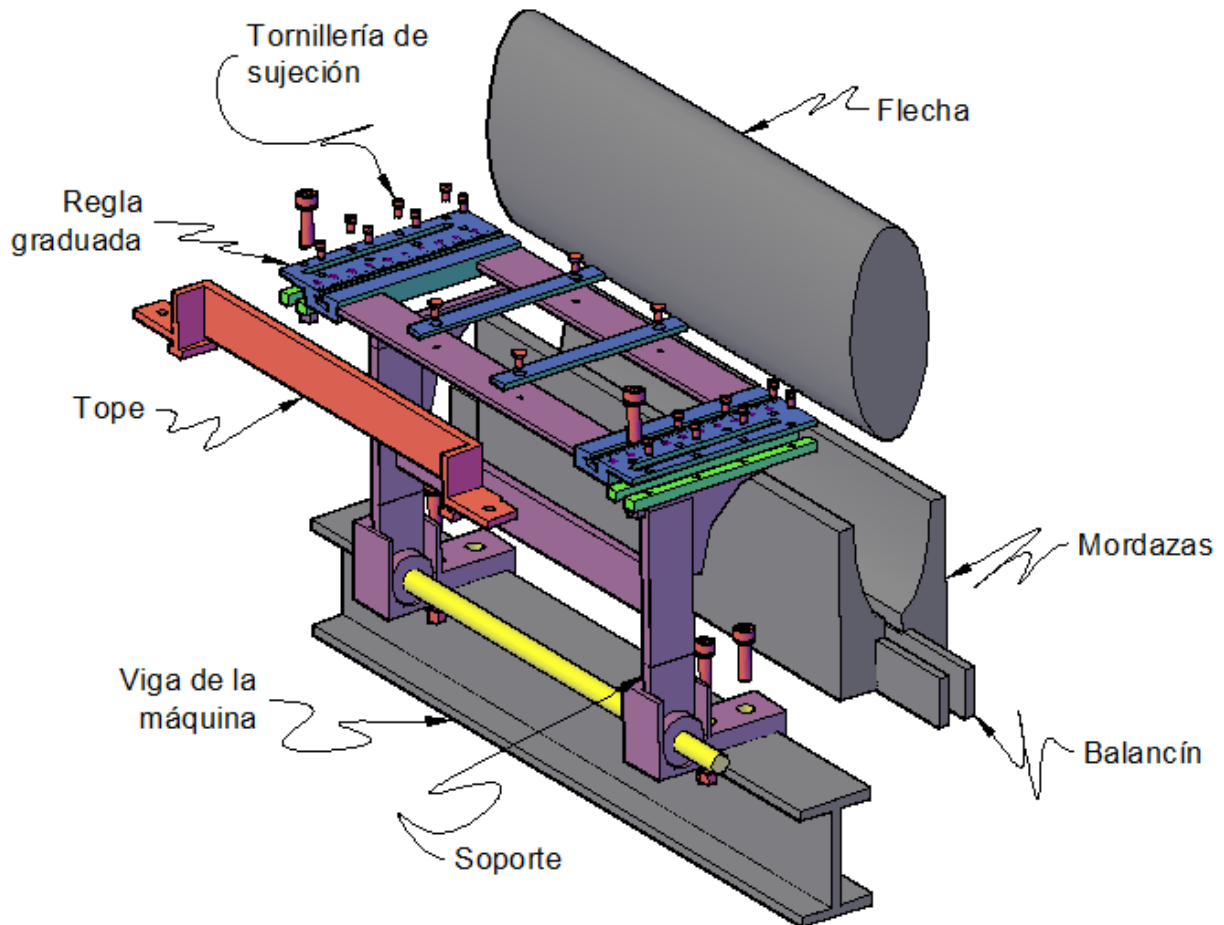


Figura 5.20. Modo de Ensamble para el Prototipo
(Fuente: elaboración propia)

En este modelo, el operador únicamente tendrá que ajustar dos tornillos en la parte superior para deslizar el tope hacia adelante o atrás y no tendrá que inclinarse para verificar la posición de las tuercas, gracias a que el sistema no permite que estas giren cuando se están apretando sus tornillos en el riel.

5.3.3.4 Sugerencias de mejora, seguimiento y control para el perfeccionamiento de la preparación

El diseño de las mordazas deberá estandarizarse en todas las restantes, ya que el diseño que en este texto se propone se realizó con uno de los trece que se utilizan en la estación.

5.3.3.5 Resultados teóricos a obtener con estas propuestas

Los efectos esperados al aplicar la propuesta se señalan en la **Tabla 5.30**.

Tabla 5.30. Efectos Esperados con la Aplicación de las Propuestas de Mejora
(Fuente: elaboración propia)

Propuesta de mejora	Efecto
Compra del Apilador Manual	Se evita la espera y uso del montacargas, el operador tendrá la tarea de realizar la selección y transporte de la flecha
Rediseño del Portaflechas	Se tendrá pleno acceso a la flecha a utilizar, no tendrán que quitarse flechas que estorben el paso. Para esta mejora deberá disponerse de espacio adicional, por lo menos dos veces más de lo que se dispone actualmente
Rediseño de Mordazas	Se ahorrará tiempo en su montaje y desmontaje pero no en su transporte
Graduación y rediseño de Topes	No serán necesarios los ajustes finales de Prueba y Error porque ahora se tendrá una medida más exacta y un ajuste con menos tornillos

En la **Tabla 5.23** se observaron las tareas y los tiempos respectivos en la preparación de la máquina; estas consumen en total un tiempo de 4584 segundos.

Tomando en cuenta los datos de la **Tabla 5.23**, la implementación de las propuestas daría como resultado los datos mostrados en la **Tabla 5.31** de tiempos probables.

Tabla 5.31. Tiempos de Preparación Implementando la Propuesta de Mejora 1
(Fuente: elaboración propia)

Actividad del operador	Tiempo (S)	Tipo	
		Interno	Externo
Apagado de máquina	07	x	
Desmontar rodillos y dejar en estante	561	x	
Desmontar mordazas y dejar en estante	137	x	
Desmontar topes y dejar al alcance	35	x	
Desmontar flecha y dejar en estante	643	x	
Montar nueva flecha	509	x	
Ir por mordazas y montar en máquina	157	x	
Ir por rodillos y montar en máquina	676	x	
Montar topes y ajustar	124	x	
Ajustar altura de carrera del balancín	65	x	
Encendido de máquina	07	x	
Ajustes y pruebas finales	196	x	

Los nuevos tiempos suman un total de 3117 segundos, equivalente a 51.94 minutos, esto significa que se tiene un ahorro de 24.45 minutos.

Lo anterior se obtiene de:

$$\textit{Tiempo actual} - \textit{Tiempo propuesto} = \textit{Tiempo ahorrado}$$

$$4584 - 3117 = 1,467 \textit{ segundos} = 24.45 \textit{ minutos}$$

Este tiempo transformado a número de piezas resulta:

$$\frac{\textit{Tiempo ahorrado}}{5.60 \textit{ segundos} \times \textit{pza}} = \textit{Número de piezas}$$

$$\frac{1467 \textit{ segundos}}{5.60 \textit{ segundos} \times \textit{pza}} = 261 \textit{ piezas}$$

Es decir, se habrán transformado 24.25 minutos de tiempo de preparación a tiempo de producción y en ese tiempo la máquina fabricaría alrededor de 261 piezas.

La aplicación de la propuesta de mejora 1 supone la modificación de las actividades del diagrama mostrado en la **Tabla 5.25**; actividades como la de búsqueda del montacargas y espera en la selección de flecha habrán de desaparecer.

En efecto, la estación se habrá independizado del montacargas, por lo que el diagrama de operaciones resultaría como el que se muestra en la **Tabla 5.32**.

Tabla 5.32. Nuevo Diagrama de Operaciones de Cambio de Herramienta
(Fuente: elaboración propia)

Actividad	Operador 1	Operador 2	Actividad
Apagar máquina	○	D	En espera
Aflojar y retirar rodillos	○	⇒	Ir por rodillos a colocar
Dejar rodillos en estante	○	○	Desmontar topes
Desmontar mordazas y transportar a estante	○	○	Desmontar mordazas y transportar a estante
Ir por apilador manual	⇒	D	En espera
Aflojar flecha (Con carrucha en posición)	○	○	Aflojar flecha (Con carrucha en posición)
Traer mordazas nuevas	⇒	○	Maniobra de montaje de flecha en portaflechas
Montaje de mordazas	○	○	Selección y transporte de flecha
Maniobras de posicionamiento del flecha	○	○	Maniobras de posicionamiento del flecha
Atornillado de flecha	○	○	Atornillado de flecha
Colocación de rodillos	○	○	Colocación y ajuste de topes
Encendido de máquina	○	D	En espera
Pruebas y justes finales de máquina			

El siguiente es un análisis de factibilidad, considerando para este los costos de las mejoras consistentes a la fabricación del portaflechas, mordazas, topes y la opción A de los montacargas manuales.

Las ecuaciones a utilizar para este análisis son las 4.1 y 4.2, señaladas en el capítulo 4.

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (4.1)$$

Donde:

VPN : Valor Presente Neto

FNE : Flujo Neto de Efectivo

P : Inversión inicial

i : Intereses

$$TMAR = i + f + i * f \quad (4.2)$$

Donde

TMAR: Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento

i : Premio al riesgo

f : Inflación

Inversión inicial

Montacargas manual opción A:	\$14,890.00
Portaflechas:	\$3,500.00
2 Pares de Mordazas:	\$6,000.00
Topes:	\$3,800.00
Total:	\$28,190.00

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$1,410.00
Total	\$1,410.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	522
Piezas producidas por mes	12528
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
<hr/>	
Beneficio	\$77,210.61
Ingresos netos:	\$75,800.61

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	1.01278833

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$28,190.00	-\$28,190.00
1	\$74,843.49	\$75,800.61
2	\$73,898.45	\$75,800.61
3	\$72,965.34	\$75,800.61
4	\$72,044.02	\$75,800.61
5	\$71,134.33	\$75,800.61
6	\$70,236.13	\$75,800.61
7	\$69,349.27	\$75,800.61
8	\$68,473.60	\$75,800.61
9	\$67,609.00	\$75,800.61
10	\$66,755.31	\$75,800.61
11	\$65,912.40	\$75,800.61
12	\$65,080.13	\$75,800.61
<hr/>		
Total:	\$838,301.45	\$810,111.45

VPN:	\$810,111.45
Costo total:	\$28,190.00
Ganancia:	\$75,800.61
Punto de equilibrio:	0.37189675
Punto de equilibrio en meses:	11.1569025

El análisis muestra que la opción A de los apiladores manuales es viable, teniendo un beneficio anual de \$810,111.45 pesos.

Análisis de Costo - Beneficio, considerando para este los costos de las mejoras consistentes a la fabricación del portaflechas, mordazas, topes y la opción B de los montacargas manuales.

Inversión inicial

Montacargas manual opción B:	\$21,490.00
Portaflechas:	\$3,500.00
2 Pares de Mordazas:	\$6,000.00
Topes:	\$3,800.00
Total:	\$34,790.00

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$1,740.00
Total	\$1,740.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	522
Piezas producidas por mes	12528
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
<hr/>	
Beneficio	\$77,210.61
Ingresos netos:	\$75,470.61

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	1.01278833

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$34,790.00	-\$34,790.00
1	\$74,517.65	\$75,470.61
2	\$73,576.73	\$75,470.61
3	\$72,647.69	\$75,470.61
4	\$71,730.37	\$75,470.61
5	\$70,824.64	\$75,470.61
6	\$69,930.35	\$75,470.61
7	\$69,047.35	\$75,470.61
8	\$68,175.50	\$75,470.61
9	\$67,314.66	\$75,470.61
10	\$66,464.69	\$75,470.61
11	\$65,625.45	\$75,470.61
12	\$64,796.80	\$75,470.61
<hr/>		
Total:	\$834,651.88	\$799,861.88

VPN:	\$799,861.88
Costo total:	\$34,790.00
Ganancia:	\$75,470.61
Punto de equilibrio:	0.46097415
Punto de equilibrio en meses:	13.8292246

El análisis muestra que la opción B de los apiladores manuales es viable, teniendo un beneficio anual de \$799,861.88 pesos.

A continuación el análisis de Costo - Beneficio, considerando para este los costos de las mejoras consistentes a la fabricación del portaflechas, mordazas, topes y la opción C de los montacargas manuales.

Inversión inicial

Montacargas manual opción B:	\$17,550.00
Portaflechas:	\$3,500.00
2 Pares de Mordazas:	\$6,000.00
Topes:	\$3,800.00
Total:	\$30,850.00

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$1,543.00
Total	\$1,543.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	522
Piezas producidas por mes	12528
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
<hr/>	
Beneficio	\$77,210.61
Ingresos netos:	\$75,667.61

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	1.01278833

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$30,850.00	-\$30,850.00
1	\$74,712.16	\$75,667.61
2	\$73,768.78	\$75,667.61
3	\$72,837.32	\$75,667.61
4	\$71,917.61	\$75,667.61
5	\$71,009.52	\$75,667.61
6	\$70,112.89	\$75,667.61
7	\$69,227.58	\$75,667.61
8	\$68,353.46	\$75,667.61
9	\$67,490.37	\$75,667.61
10	\$66,638.18	\$75,667.61
11	\$65,796.75	\$75,667.61
12	\$64,965.94	\$75,667.61
<hr/>		
Total:	\$836,830.56	\$805,980.56

VPN:	\$805,980.56
Costo total:	\$30,850.00
Ganancia:	\$75,667.61
Punto de equilibrio:	0.40770418
Punto de equilibrio en meses:	12.2311253

El análisis muestra que la opción C de los apiladores manuales es viable, teniendo un beneficio anual de \$805,980.56 pesos.

El siguiente corresponde al análisis de Costo - Beneficio considerando los costos de las mejoras consistentes a la fabricación del portaflechas, mordazas, topes y la opción D de los montacargas manuales.

Inversión inicial

Montacargas manual opción B:	\$41,500.00
Portaflechas:	\$3,500.00
2 Pares de Mordazas:	\$6,000.00
Topes:	\$3,800.00
Total:	\$54,800.00

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$2,740.00
Total	\$2,740.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	522
Piezas producidas por mes	12528
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
<hr/>	
Beneficio	\$77,210.61
Ingresos netos:	\$74,470.61

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	1.01278833

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$54,800.00	-\$54,800.00
1	\$73,530.28	\$74,470.61
2	\$72,601.82	\$74,470.61
3	\$71,685.09	\$74,470.61
4	\$70,779.93	\$74,470.61
5	\$69,886.20	\$74,470.61
6	\$69,003.76	\$74,470.61
7	\$68,132.46	\$74,470.61
8	\$67,272.16	\$74,470.61
9	\$66,422.73	\$74,470.61
10	\$65,584.02	\$74,470.61
11	\$64,755.90	\$74,470.61
12	\$63,938.23	\$74,470.61
<hr/>		
Total:	\$823,592.58	\$768,792.58

VPN:	\$768,792.58
Costo total:	\$54,800.00
Ganancia:	\$74,470.61
Punto de equilibrio:	0.73586078
Punto de equilibrio en meses:	22.0758233

El análisis muestra que la opción D de los apiladores manuales es viable, teniendo un beneficio anual de \$768,792.58 pesos.

En resumen, se tienen los siguientes resultados:

Propuestas y montacargas A	\$810,111.45
Propuestas y montacargas B	\$799,861.88
Propuestas y montacargas C	\$805,980.56
Propuestas y montacargas D	\$768,792.58

De lo anterior se concluye que la propuesta factible es la genera un mayor beneficio anual de entre las propuestas viables; en este caso, es la que incluye el montacargas o apilador manual de la opción A, la fabricación del portaflechas, la modificación de mordazas y la fabricación del rediseño de los topes.

La alternativa seleccionada de la Propuesta de Mejoramiento I habrá de evaluarse con el resultado de la Propuesta de Mejoramiento II, ya que estas compiten entre sí para ser implementadas en la misma estación de trabajo (Estación de Sellado de Forro).

5.3.4 Propuesta de Mejoramiento II

5.3.4.1 Rediseño de flecha, mordazas y topes

En páginas anteriores se ha descrito el procedimiento de preparación en la máquina de esta estación; si se considera que el montacargas tiene que desplazarse desde donde se encuentra hasta la máquina, transportar la flecha desmontada al portaflechas, tomar la flecha requerida, transportarla al lugar de montaje, y en ocasiones reacomodar las que tuvieron que haberse desmontado del portaflechas; puede decirse que es la actividad que requiere más tiempo de preparación, sin contar con la disponibilidad del montacargas.

Flecha es el elemento que proporciona la forma al tiempo que la máquina sella la lámina por medio de los rodillos; las trece flechas existentes son identificadas por su *cross section*.

Esto confirma que para cada *cross section* de modelo de mofle hay una flecha diferente, sobre la que deben hacerse ajustes para pasar a fabricar de cuerpo a forro; generalmente este ajuste consiste en la inserción de de láminas en el interior de la flecha para ajustar el perímetro del forro.

Otra característica importante incide en el material con el que están hechas, en su mayoría están fabricadas de acero templado y algunas pocas de fierro comercial; circunstancia que en términos de peso dificulta su transporte.

La **Figura 5.21** muestra la flecha montada en la máquina selladora al momento que realiza el formado y sellado de la lámina.

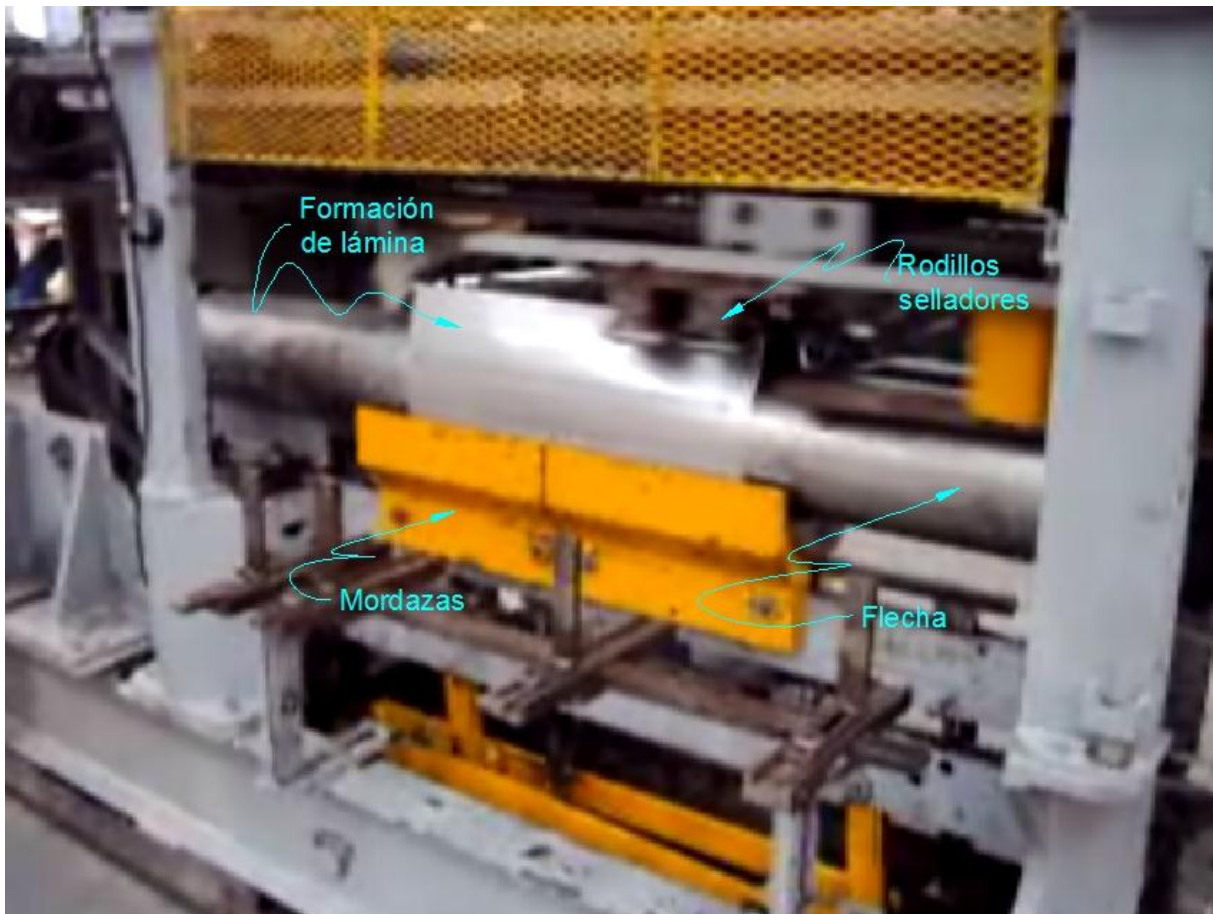


Figura 5.21. Flecha Montada en la Máquina Selladora
(Fuente: imagen tomada de la empresa)

Como se observa, es la sección transversal de la flecha la que da forma al mofle, es decir, la sección transversal de la flecha es el *cross section* de los modelos de mofles que se fabrican.

Todas las flechas actuales obedecen al mismo método de funcionamiento, la flecha forma el forro o cuerpo con la lámina en su superficie mediante la presión ejercida por las mordazas, para posteriormente los rodillos sellar el elemento.

La **Figura 5.22** muestra el diseño general de las flechas actuales.

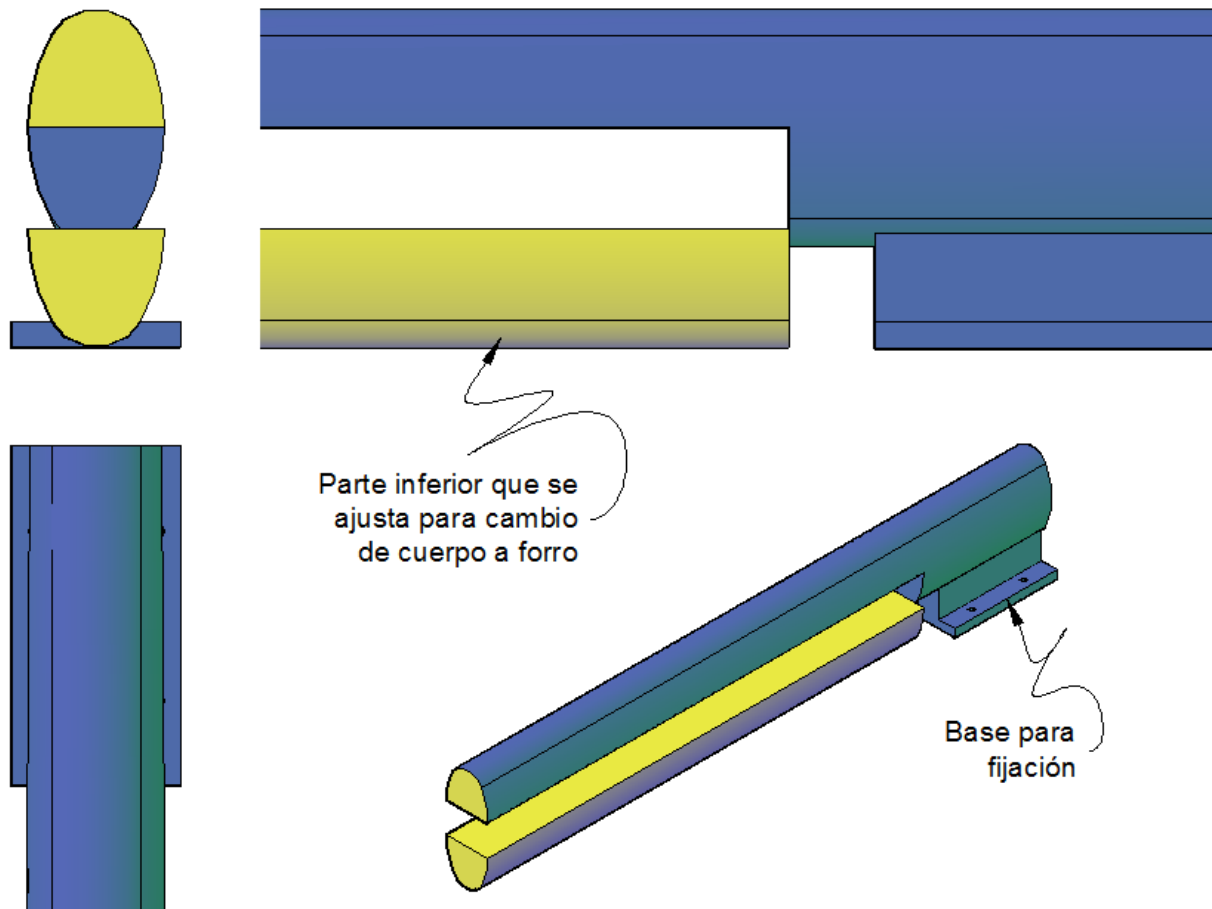


Figura 5.22. Diseño General de las Flechas Actuales
(Fuente: elaboración propia)

El diseño propuesto para sustituir las flechas actuales consiste en un prototipo capaz de recibir ajustes para la fabricación de todos los modelos actuales de mofle.

Esta flecha producirá piezas iguales de forro sellado durante todo un lote, pero su forma será diferente a la definitiva, es decir, la forma del mofle, ya sea

ovalada, circular o triangular, le será proporcionada en la estación de flanjeado con dados especiales.

En diseño propuesto de flecha se aprecia en la **Figura 5.22**.

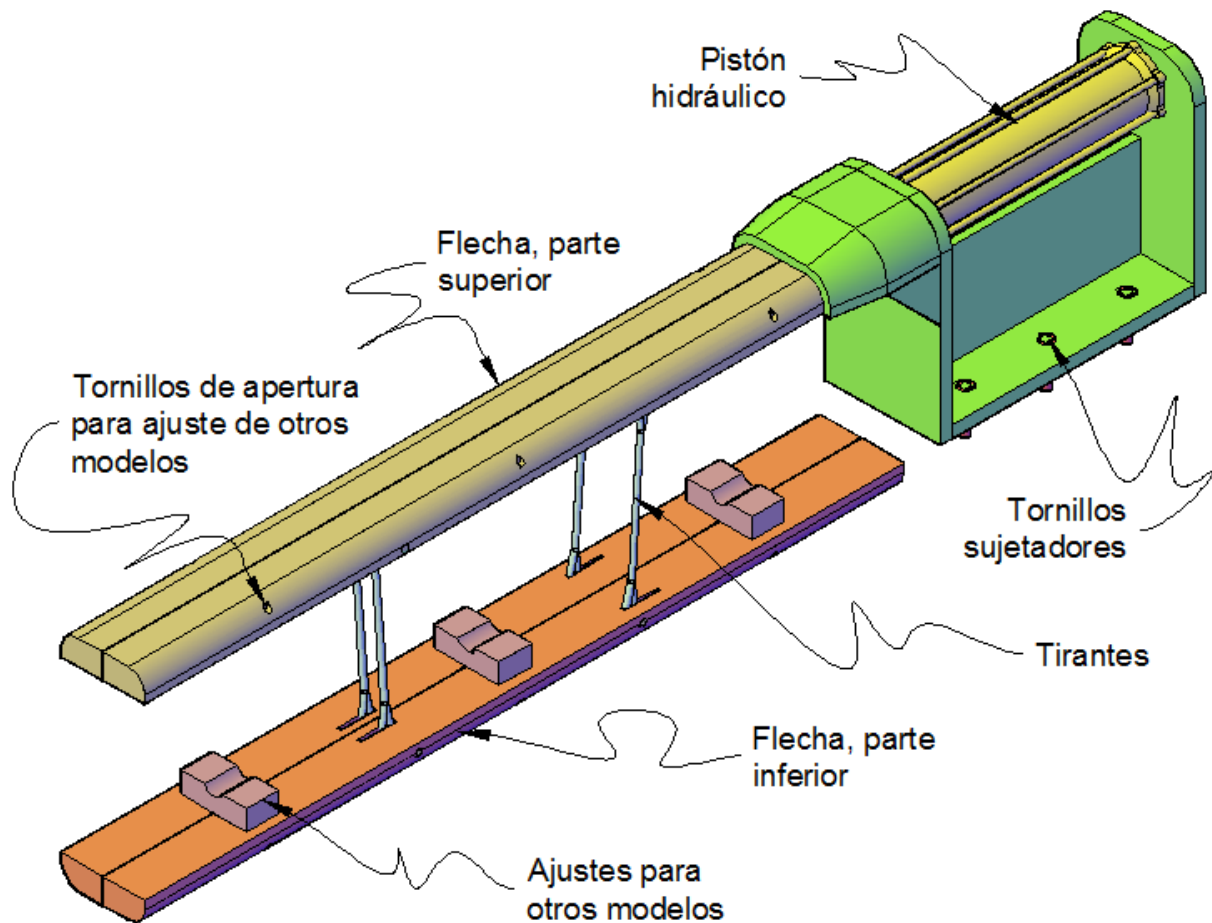


Figura 5.23. Diseño de Flecha Propuesto
(Fuente: elaboración propia)

Esta mejora tiene las siguientes ventajas:

- Se evita el cambio de flechas
- Se evita el cambio de mordazas
- Se evita el desmontaje y montaje de topes
- Se gana espacio al no utilizar el portaflechas
- Aumenta la disponibilidad del montacargas al no requerir su asistencia en el cambio de flecha
- Disminuye la fatiga del operador
- Su diseño permite fabricar modelos de mofles con dimensiones mayores a los existentes

En cuanto a las desventajas, el costo es el factor determinante; puesto que además del costo neto de la flecha, también habrá que hacer gastos en otros aspectos; es decir, para fabricar el mismo producto con un método diferente, es necesario invertir también en los aditamentos y herramientas que forjarán en el producto las mismas especificaciones y características.

El funcionamiento de esta flecha es el siguiente: un pistón expulsa el vástago jalando consigo dos tirantes que harán subir la parte inferior de la flecha, al mismo tiempo, el vástago, en una parte dentada, hace girar en sentido contrario a dos engranajes que jalan hacia atrás los tirantes traseros mediante dos barras.

De este modo, la parte inferior de la flecha tendrá un movimiento axial que permitirá la colocación de ajustes para todos los modelos existentes.

La **Figura 5.23** muestra el mecanismo interior de la parte superior de la flecha.

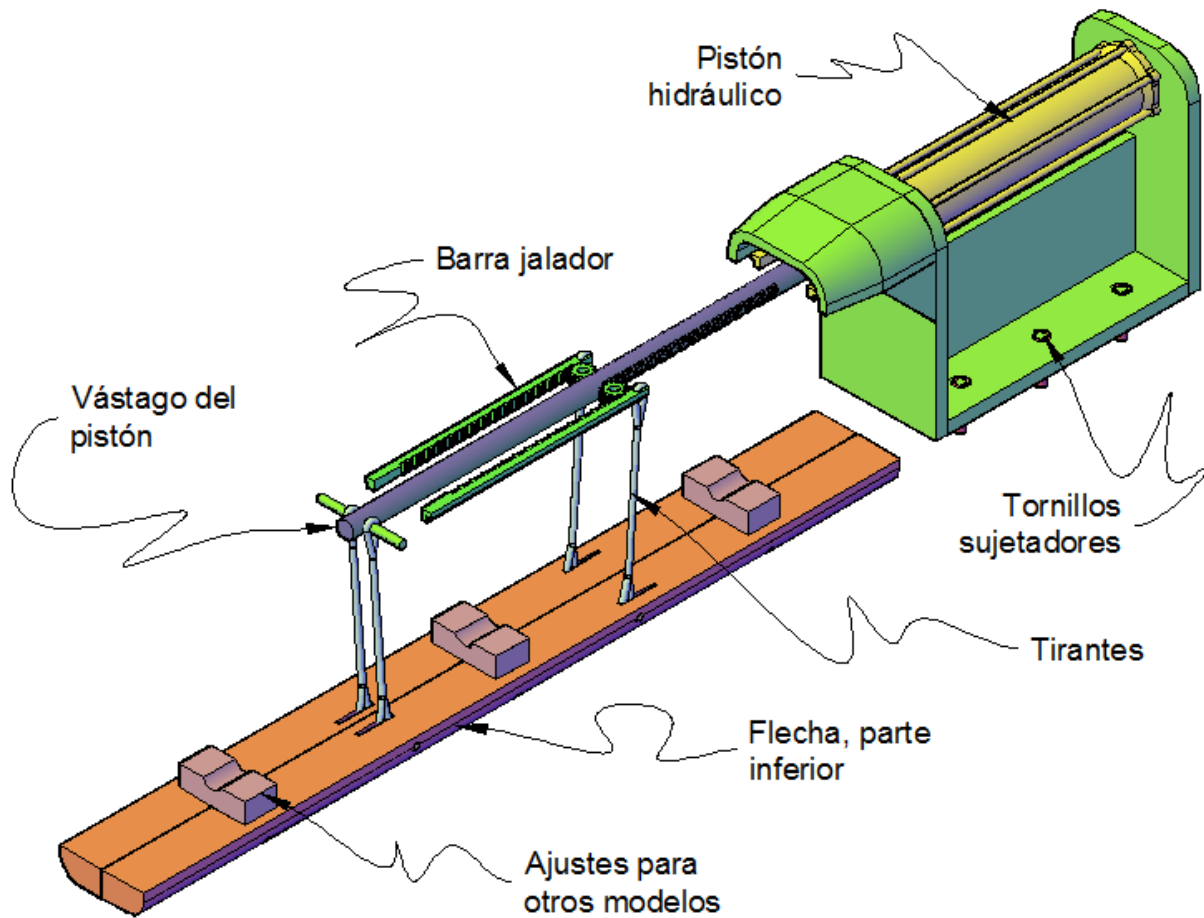


Figura 5.24. Mecanismo con el que Funciona la Inversión del Curso del Vástago
(Fuente: elaboración propia)

El ajuste vertical de la flecha se realiza mediante el accionamiento interior del pistón, al introducir el vástago, los extremos inferiores de los tirantes descienden haciendo bajar la parte inferior de la flecha.

En esta posición podrán colocarse ajustes cuya única diferencia será la altura de ellas; esta servirá para ajustar el diámetro del forro o cuerpo que se esté fabricando.

Después de haberse colocado el ajuste, se accionara nuevamente el pistón haciendo expulsar el vástago, esta acción jalará los tirantes haciendo subir la parte inferior de la flecha.

La cara inferior de la parte superior de la flecha cuenta con una hendidura dentro de la cual encajará el ajuste; de esta manera la presión del pistón provocará que la flecha quede fija.

Al ser esta una forma cuadrada no podría realizarse el ensamble del cuerpo dentro del forro si el ajuste que se realizara para cada uno de los dos fuera únicamente el mencionado; por lo que esta flecha, aparte de estar dividida en las partes inferior y superior, cada una de estas esta a su vez dividida en izquierda y derecha.

Estas partes están unidas mediante seis tornillos roscados que podrán aflojarse con la misma llave, introducir dos láminas del calibre del material con el que se va a trabajar y apretar nuevamente los tornillos quedando listo el ajuste horizontal; este ajuste deberá realizarse en ambas partes de la flecha.

En esta estación de deberán cambiarse todas las mordazas y remplazarse por una universal. De este modo habrá un solo juego de mordazas para una sola flecha universal.

De la Propuesta de Mejoramiento I, podría retomarse el rediseño del tope, este ayudará a disminuir el tiempo de ajuste final. En conjunto, los elementos rediseñados en esta propuesta se verán instalados en la máquina como se muestra en la **Figura 5.25**.

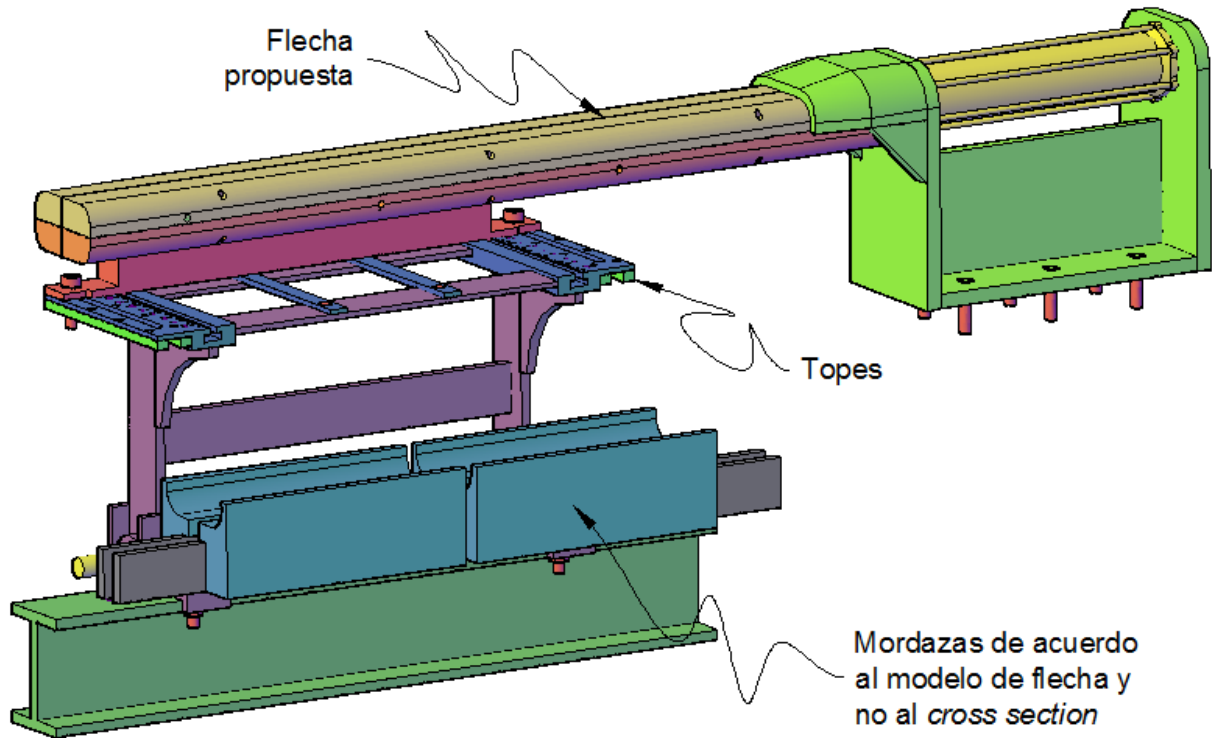


Figura 5.25. Instalación en la Máquina de la Flecha, Mordazas y Topes Nuevos
(Fuente: elaboración propia)

La aplicación de la Propuesta de Mejoramiento II afectará a otras estaciones, en las que habrán de realizarse ajustes para proporcionar las mismas características físicas al producto.

Específicamente hablando, en la estación de flanjeado, tendrían que hacerse nuevos dados para recibir una forma cuadrada, cambiarla a ovalada, circular o triangular y finalmente formar los bordes como siempre se ha hecho en esa estación. La estación de ensamble de interiores no tendría mayor problema, el operador simplemente deberá cerciorarse de que su proveedor está entregándole material en buen estado y que su producto está saliendo en óptimas condiciones.

5.3.4.2 Resultados teóricos a obtener con esta propuesta

La **Tabla 5.33** muestra los resultados esperados con la aplicación de esta mejora.

Tabla 5.33. Resultado Esperado de Esta Mejora
(Fuente: elaboración propia)

Actividad	Operador 1	Operador 2	Actividad
Apagar máquina	○	□	En espera
Aflojar y retirar rodillos	○	⇒	Ir por rodillos a colocar
Dejar rodillos en estante	⇒	○	Aflojar flecha
Ir por ajustadores	⇒	○	Colocar ajustadores
Ajuste de flecha	○	○	Ajuste de flecha
Colocación de rodillos	○	○	Ajuste de topes
Encendido de máquina	○	□	En espera
Pruebas y justes finales de máquina			

El procedimiento para realizar el cambio de herramental de acuerdo a la implementación de la Propuesta de Mejoramiento II será mucho más sencillo, con menos ajustes y la ventaja principal será que hará uso de un tiempo menor del que se requiere para realizar la preparación de la máquina con las instrucciones que se operan actualmente.

La **Tabla 5.34** muestra dicho proceso de cambio y los nuevos tiempos requeridos.

Tabla 5.34. Descripción del Cambio de Herramienta y los Nuevos Tiempos de Operación para la Propuesta 2
(Fuente: elaboración propia)

Actividad del operador	Tiempo promedio	Tipo	
		Interno	Externo
Apagado de máquina	07	x	
Desmontar rodillos y dejar en estante	561	x	
Ir por rodillos y montar en máquina	676	x	
Ajustes de flecha	192	x	
Ajustar topes	35	x	
Encendido de máquina	07	x	
Ajustes y pruebas finales	196	x	

El tiempo de preparación con la implementación de esta mejora es de 1674 segundos, equivalentes a 27.84 minutos.

Si se compara este resultado contra el actual que es de 76.39, se obtiene un ahorro de tiempo de 48.50 minutos, equivalentes a 2910 segundos.

Este tiempo transformado a número de piezas resulta:

$$\frac{\text{Tiempo ahorrado}}{5.60 \text{ segundos } \times \text{ pza}} = \text{Número de piezas}$$

$$\frac{2910 \text{ segundos}}{5.60 \text{ segundos } \times \text{ pza}} = 519 \text{ piezas}$$

Es decir, se han transformado 48.50 minutos de tiempo de preparación a tiempo de producción y en ese tiempo esta estación produciría alrededor de 519 unidades.

El siguiente es el análisis de Costo - Beneficio para Propuesta de Mejora 2:

Inversión inicial

Nueva flecha:	\$120,000.00
2 Pares de Mordazas:	\$6,000.00
Topes:	\$3,800.00
Total:	\$129,800.00

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$6,490.00
Total	\$6,490.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	1038
Piezas producidas por mes	24912
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$153,533.74
Ingresos netos:	\$147,043.74

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.164727364
	0.012788333
TMAR:	1.164727364
TMAR Mes:	1.012788333

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$129,800.00	-\$129,800.00
1	\$145,187.04	\$147,043.74
2	\$143,353.78	\$147,043.74
3	\$141,543.68	\$147,043.74
4	\$139,756.42	\$147,043.74
5	\$137,991.74	\$147,043.74
6	\$136,249.34	\$147,043.74
7	\$134,528.94	\$147,043.74
8	\$132,830.26	\$147,043.74
9	\$131,153.03	\$147,043.74
10	\$129,496.98	\$147,043.74
11	\$127,861.84	\$147,043.74
12	\$126,247.35	\$147,043.74
Total:	\$1,626,200.39	\$1,496,400.39

VPN:	\$1,496,400.39
Costo total:	\$129,800.00
Ganancia:	\$147,043.74
Punto de equilibrio:	0.882730545
Punto de equilibrio en meses:	26.48191635

Del análisis anterior se concluye que la propuesta es viable, con un beneficio anual de \$1'496,400.39 pesos.

5.3.5 Conclusión

Los análisis anteriores demuestran que todas las propuestas son viables, pero solo una ha de ser seleccionada.

Los resultados de los análisis de estas son los siguientes:

Propuesta de mejora 1	\$810,111.45
Propuesta de mejora 2	\$1'496,400.39

La diferencia entre ambas propuestas es de \$686,288.94 pesos, siendo la de mayor beneficio anual la Propuesta de Mejoramiento II.

Esta propuesta incluye la fabricación de la flecha, las mordazas y los topes, haciendo en total una inversión de \$129,800.00 pesos.

Los resultados aquí señalados no deben ser entendidos como definitivos ya que son planteados de manera hipotética.

5.3.6 Identificación de la siguiente restricción

Siguiendo lo establecido en la gráfica mostrada en la **Figura 5.8**, la siguiente restricción es la de Corte de Tapas, por lo que se procede al análisis en el punto a continuación.

5.4 Aplicación de SMED en la estación de Corte de Tapas

5.4.1 Análisis preliminar de las tareas del cambio de herramienta

Las actividades que se realizan en el cambio de herramientas de esta estación es el que se describe en la **Tabla 5.35**.

Tabla 5.35. Actividades de Preparación en la Estación de Corte de Tapas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)	Tipo	
		Interno	Externo
Apagar máquina	6	x	
Quitar cinta de lámina	15	x	
Flejado de rollo en desenrollador	54	x	
Buscar herramienta	151	x	
Buscar carro de transporte de herramientas	270	x	
Desmontar troquel y colocar en estante	572	x	
Tomar troquel de estante y montar en Prensa	641	x	

Tabla 5.35. Actividades de Preparación en la Estación de Corte de Tapas (Continuación)

Actividad del operador	Tiempo (S)	Tipo	
		Interno	Externo
Ajustes de máquina	82	x	
Ajuste de desenrollador	102	x	
Colocar cinta de lámina en troquel	234	x	
Encender máquina	7	x	
Ajustes y pruebas finales	242	x	

Esta estación tiene un tiempo total de 2376 segundos, equivalente a 39.60 minutos promedio.

5.4.2 Transformación de tareas internas a externas

El proceso mediante el que se realiza el corte de tapas permite distinguir muy bien las tareas internas de las externas debido a que es un proceso en el que la prensa se detiene si el operador no acciona el pedal que activa el martinete para realizar el troquelado; esta máquina requiere la presencia del operador en todo momento.

Al igual que en la anterior, en esta estación no existe automatización alguna de la máquina que permita disponer del operador para actividades de preparación antes del paro de máquina.

Para comprender mejor esta problemática, en la **Tabla 5.36** se describe en el proceso de operación de esta estación.

Tabla 5.36. Diagrama de Operaciones de Producción
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador
Encender máquina	○
Accionar interruptor para avance de alimentador	○
Accionar pedal de la prensa para el troquelado	○
Retirar pieza y colocar en contenedor	○
...	

Estas actividades se repiten invariablemente durante la producción de un lote completo o parte de él, por lo que la máquina requiere todo el tiempo del operador para seguir trabajando.

El diagrama de operaciones en la **Tabla 5.37** muestra las actividades del operador en la preparación de su máquina.

Tabla 5.37. Actividades para el Cambio de Herramientas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Apagar máquina	○	6
Quitar cinta de lámina	○	15
Flejado de rollo en desenrollador.	○	54
Ir por herramienta	⇒	151
Ir por carrucha	⇒	270
Desmontar troquel y colocar en estante	⇒	572

Tabla 5.37. Actividades para el Cambio de Herramientas (Continuación)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Tomar troquel nuevo de estante y montar en prensa	⇒	641
Ajustar máquina	○	82
Ajustes de desenrollador	○	102
Colocar cinta de lámina en troquel	○	234
Encender máquina	○	7
Ajustes y Pruebas finales	○	242

Sin embargo, un problema observado a la hora de llevar a cabo la preparación de la máquina, es que las herramientas necesarias para realizarlo no se encuentran en su lugar o están siendo utilizadas por otros operadores, al tiempo que el estante de troqueles no se encuentra ordenado.

Lo anterior es un área de oportunidad para plantear las mejoras que se proponen a continuación.

5.4.3 Propuestas de mejora para Corte de Tapas

5.4.3.1 Aplicar 5 S's

Es altamente recomendable tener el espacio de trabajo ordenado y que en el únicamente se encuentren los materiales y herramientas que están en uso.

La estación de trabajo cuenta con un estante en el que se almacenan los troqueles en desuso, pero este espacio también es utilizado para el almacenamiento de algunas herramientas de uso frecuente por esta y por otras estaciones, artículos

obsoletos que se olvidan impremeditadamente y documentos de registro y control pasados que no fueron archivados, entre otros.

Realizar las 5S's implica ejecutar las actividades señaladas a continuación:

Seiri - Organizar

Del estante de troqueles, mesas de trabajo y de la máquina, deberán separarse todas aquellas herramientas u objetos que no se usan frecuentemente.

Algunos de estos elementos son:

- Tuercas
- Pernos
- Tornillos
- Piezas de máquinas o refacciones descompuestas
- Documentos de registro

Separar los troqueles y plantillas en buen estado de los obsoletos para lograr un área de trabajo más cómoda y segura.

Deberá consultarse con el personal de mantenimiento donde se alojarán los troqueles que pueden componerse y las plantillas obsoletas de modelos de mofles que ya no se fabrican.

En cuanto a la documentación de registros de producción pasados, deberá consultarse con el Gerente de Producción el lugar en donde se archivarán; es necesario no desechar esta documentación para tener los registros de operaciones pasadas; el Gerente de Producción decidirá qué tiempo serán conservadas.

Seiton - Ordenar

Lo que se ha separado en la etapa anterior debe clasificarse y organizarse de acuerdo a las 3D (Definir, decidir y diseñar).

En el sitio de la máquina deberán colocarse rótulos sobre los tableros en que se encuentra la herramienta para identificarlos fácilmente.

Deberán colocarse rótulos tanto en el troquel como en el sitio que le corresponde en el estante para que puedan identificarse fácilmente. Se hará con marcador negro de tal forma que sea visible y legible de acuerdo al color del troquel.

Poner en un contenedor todos los pernos que se utilizan para los diferentes troqueles y ordenarlos de acuerdo a sus dimensiones.

Seiso - Limpieza

Quitar restos de grasa y desperdicios sobre la máquina y limpiar periódicamente para evitar nuevamente su acumulación.

Seiketsu - Estandarizar

Realizar un control visual para la identificación de áreas de trabajo; delimitar las áreas para contenedores de materia prima, material en proceso, botes de basura y maquinaria.

Shitsuke - Disciplina

Para lograr que el personal siga los estándares establecidos debe generarse el hábito de practicarlos; fomentar el respeto hacia los demás y la empatía con los compañeros; para lograr esto se debe asegurar el entendimiento de dichos estándares y apoyarse con la técnica de aprender haciendo y predicar con el

ejemplo, pues de nada sirve tratar de que el personal se comprometa con la filosofía si esta no es aplicada como se debe.

Principales beneficios de esta propuesta:

- Eliminación de tiempo de búsqueda
- Mejora en seguridad
- Aumenta la velocidad de respuesta
- Incrementar la velocidad de mejora
- Evitar accidentes
- Lograr un lugar de trabajo impecable

5.4.3.2 Compra de llaves faltantes

Para acelerar el proceso de preparación es necesario disponer de las herramientas necesarias para realizar las tareas; esto habrá que comprarse las llaves que el operador comparte con otras estaciones de trabajo que, en ocasiones, las utilizan simultáneamente. Estas se mencionan en la **Tabla 5.38**.

Tabla 5.38. Lista de Llaves a Comprar
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Herramienta	Precio (MN)	Marca
Llave mixta de 15/16"	147.91	Urrea
Llave mixta de 1" 1/8	238.08	Urrea
Llave hexagonal "L" estándar de 3/8"	13.98	Urrea
Llave hexagonal "L" estándar de 7/16"	14.97	Urrea
Total	419.14	

5.4.3.3 Compra de un apilador manual

En el punto 5.3.3 se propusieron algunos modelos de apiladores manuales para que el operador no dependa de la disponibilidad del montacargas.

Para esta estación se propone la adquisición de un apilador manual adicional, para ahorrar el tiempo invertido en la búsqueda y transporte de la carrucha actual.

5.4.3.4 Resultados esperados

Si se disminuye el tiempo de búsqueda y transporte de herramientas en la preparación de esta máquina (Ver **Tabla 5.37**), el diagrama de procesos resultante será el que se muestra en la **Tabla 5.39**.

Tabla 5.39. Actividades para el Cambio de Herramientas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Apagar máquina	○	6
Quitar cinta de lámina	○	15
Flejado de rollo en desenrollador.	○	54
Desmontar troquel y colocar en estante	⇒	572
Tomar troquel nuevo de estante y montar en prensa	⇒	641

Tabla 5.39. Actividades para el Cambio de Herramientas (Continuación)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Ajustar máquina	○	82
Ajustes de desenrollador	○	102
Colocar cinta de lámina en troquel	○	234
Encender máquina	○	7
Ajustes y Pruebas finales	○	242

El tiempo total de la preparación en este diagrama es de 1955 segundos, equivalentes a 32.58 minutos; teniendo un ahorro de 421 segundos, los que equivalen a 7.02 minutos.

El número de piezas que esta estación fabricaría en ese tiempo es el siguiente:

$$\frac{\text{Tiempo ahorrado}}{2.50 \text{ segundos } \times \text{ pza}} = \text{Número de piezas}$$

$$\frac{421 \text{ segundos}}{2.50 \text{ segundos } \times \text{ pza}} = 168 \text{ piezas}$$

Es decir, se han transformado 7.02 minutos de tiempo de preparación a tiempo de producción y en ese tiempo esta estación fabrica alrededor de 168 tapas.

El siguiente es el análisis de Costo - Beneficio para las propuestas señaladas para esta estación.

Inversión inicial

Montacargas manual opción A:	\$14,890.00
Herramientas:	\$419.14
Total:	\$15,309.14

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$765.00
Total	\$765.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	336
Piezas producidas por mes	8064
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$49,698.78
Ingresos netos:	\$48,933.78

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	1.01278833

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$15,309.14	-\$15,309.14
1	\$48,315.90	\$48,933.78
2	\$47,705.82	\$48,933.78
3	\$47,103.45	\$48,933.78
4	\$46,508.68	\$48,933.78
5	\$45,921.42	\$48,933.78
6	\$45,341.58	\$48,933.78
7	\$44,769.06	\$48,933.78
8	\$44,203.77	\$48,933.78
9	\$43,645.61	\$48,933.78
10	\$43,094.50	\$48,933.78
11	\$42,550.36	\$48,933.78
12	\$42,013.08	\$48,933.78
Total:	\$541,173.24	\$525,864.10

VPN:	\$525,864.10
Costo total:	\$15,309.14
Ganancia:	\$48,933.78
Punto de equilibrio:	0.31285421
Punto de equilibrio en meses:	9.38562636

Este análisis demuestra que la propuesta es viable, teniendo un beneficio anual de \$525,864.10.

La inversión en esta propuesta está constituida por la compra de herramientas para la preparación de la máquina y la compra de un apilador manual.

El análisis siguiente corresponde al del montacargas de la opción B.

Inversión inicial

Montacargas manual opción B:	\$21,490.00
Herramientas:	\$419.14
Total:	\$21,909.14

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$1,095.00
Total	\$1,095.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	336
Piezas producidas por mes	8064
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$49,698.78
Ingresos netos:	\$48,603.78

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$21,909.14	-\$21,909.14
1	\$48,315.90	\$48,933.78
2	\$47,705.82	\$48,933.78
3	\$47,103.45	\$48,933.78
4	\$46,508.68	\$48,933.78
5	\$45,921.42	\$48,933.78
6	\$45,341.58	\$48,933.78
7	\$44,769.06	\$48,933.78
8	\$44,203.77	\$48,933.78
9	\$43,645.61	\$48,933.78
10	\$43,094.50	\$48,933.78
11	\$42,550.36	\$48,933.78
12	\$42,013.08	\$48,933.78
Total:	\$541,173.24	\$519,264.10

VPN:	\$519,264.10
Costo total:	\$21,909.14
Ganancia:	\$48,603.78
Punto de equilibrio:	0.45077027
Punto de equilibrio en meses:	13.523108

La propuesta de la compra de las llaves junto con el montacargas de la opción B es viable, teniendo un beneficio anual de \$519,264.10.

A continuación se presenta el análisis de la propuesta con el montacargas de la opción C:

Inversión inicial

Montacargas manual opción C:	\$17,550.00
Herramientas:	\$419.14
Total:	\$17,969.14

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$898.00
Total	\$898.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	336
Piezas producidas por mes	8064
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$49,698.78
Ingresos netos:	\$48,800.78

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$17,969.14	-\$17,969.14
1	\$48,315.90	\$48,933.78
2	\$47,705.82	\$48,933.78
3	\$47,103.45	\$48,933.78
4	\$46,508.68	\$48,933.78
5	\$45,921.42	\$48,933.78
6	\$45,341.58	\$48,933.78
7	\$44,769.06	\$48,933.78
8	\$44,203.77	\$48,933.78
9	\$43,645.61	\$48,933.78
10	\$43,094.50	\$48,933.78
11	\$42,550.36	\$48,933.78
12	\$42,013.08	\$48,933.78
Total:	\$541,173.24	\$523,204.10

VPN:	\$523,204.10
Costo total:	\$17,969.14
Ganancia:	\$48,800.78
Punto de equilibrio:	0.36821418
Punto de equilibrio en meses:	11.0464253

La propuesta del montacargas manual de la opción C y las llaves resulta viable, con un beneficio anual de \$523,204.10.

Finalmente, se presenta el análisis de la opción D del montacargas con las llaves propuestas para compra:

Inversión inicial

Montacargas manual opción D:	\$41,500.00
Herramientas:	\$419.14
Total:	\$41,919.14

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$2,096.00
Total	\$2,096.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	336
Piezas producidas por mes	8064
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$49,698.78
Ingresos netos:	\$47,602.78

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$41,919.14	-\$41,919.14
1	\$48,315.90	\$48,933.78
2	\$47,705.82	\$48,933.78
3	\$47,103.45	\$48,933.78
4	\$46,508.68	\$48,933.78
5	\$45,921.42	\$48,933.78
6	\$45,341.58	\$48,933.78
7	\$44,769.06	\$48,933.78
8	\$44,203.77	\$48,933.78
9	\$43,645.61	\$48,933.78
10	\$43,094.50	\$48,933.78
11	\$42,550.36	\$48,933.78
12	\$42,013.08	\$48,933.78
Total:	\$541,173.24	\$499,254.10

VPN:	\$499,254.10
Costo total:	\$41,919.14
Ganancia:	\$47,602.78
Punto de equilibrio:	0.88060272
Punto de equilibrio en meses:	26.4180817

Esta propuesta es viable con un beneficio anual de \$499,254.10 pesos.

En resumen, los resultados de los cuatro análisis es el siguiente:

Propuestas con apilador manual opción A	\$525,864.10
Propuestas con apilador manual opción B	\$519,264.10
Propuestas con apilador manual opción C	\$523,204.10
Propuestas con apilador manual opción D	\$499,254.10

De estos análisis se determina que la propuesta factible es la que corresponde a la compra de las llaves faltantes en la estación de Corte de Tapas y la compra del apilador manual de la opción A.

5.5 Aplicación de SMED en la estación de Corte de Separadores

5.5.1 Etapa preliminar

El actual proceso de cambio de herramental en el área de corte de separadores, permite distinguir las actividades externas de las internas, la mayoría de las actividades realizadas al momento de hacer el cambio de herramental son internas, ya que al operador no le es posible realizar ninguna actividad previa al cambio, sin antes apagar la máquina.

El operador comienza por desatornillar el troquel que es el que más tiempo consume al momento de realizar los cambios, este se encuentra instalado a la prensa por varios tornillos y sujetadores, una vez desmontado el troquel el operador procede a quitar el anillo del troquel, seguido de los pernos que se encuentran debajo del anillo.

Una vez desmontado el troquel el operador lo transporta al estante y lo coloca en el lugar correspondiente, tomando el nuevo troquel para montarlo en la prensa, cambia el rollo de lámina y ajusta el alimentador.

Las tareas de preparación se enlistan en la **Tabla 5.40**.

Tabla 5.40. Actividades del Operador en el Proceso de Preparación de la Máquina
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)	Tipo	
		Interno	Externo
Apagar máquina	7	x	
Quitar cinta de lámina	15	x	
Flejado de rollo en desenrollador	41	x	
Buscar herramienta	145	x	
Buscar carro	224	x	
Desmontar troquel y colocar en estante	549	x	
Tomar troquel de estante y montar en prensa	570	x	
Ajustes de máquina	65	x	
Colocar cinta de lámina en troquel	132	x	
Encender máquina	5	x	
Ajustes y pruebas finales	172	x	

El tiempo de preparación de esta estación es de 1926 segundos, equivalentes a 32.09 minutos.

Al igual que en la estación anterior, esta también debe compartir algunas de las herramientas de que dispone para la preparación de su máquina.

Las herramientas ocupadas por el operador son:

- Llave mixta de 1 1/8"
- Llave mixta de 15/16"
- Llave hexagonal "L" estándar de 7/16"
- Llave hexagonal "L" estándar de 3/8"
- Carrucha transportadora

- Tijera cortadora de lámina

El diagrama de operaciones para el cambio de herramientas de esta estación es el que se aprecia en la **Tabla 5.41**.

Tabla 5.41. Diagrama de Operaciones del Cambio de Herramienta
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Apagar máquina	○	7
Quitar cinta de lámina	○	15
Flejado de rollo en desenrollador.	○	41
Ir por herramienta	⇨	145
Ir por carrucha	⇨	224
Desmontar troquel y transportar a estante	○ ⇨	549
Tomar troquel de estante y montar en prensa	○ ⇨	570
Ajustar máquina	○	65
Colocar cinta de lámina en troquel	○	132
Encender máquina	○	5
Ajustes y Pruebas finales	○	172

Dada la circunstancia de esta estación, en el sentido de que la máquina necesita del operador y para este no es posible realizar tareas de preparación previas al paro, se proponen mejoras para la disminución del tiempo de cambio de herramienta que se mencionan en el siguiente capítulo.

5.5.2 Propuestas de mejora para la estación de Corte de Separadores

5.5.2.1 Aplicar 5 S's

Es altamente recomendable tener el espacio de trabajo ordenado y que en el únicamente se encuentren los materiales y herramientas que están en uso.

La estación de trabajo cuenta con un estante en el que se almacenan los troqueles en desuso, pero este espacio también es utilizado para el almacenamiento de algunas herramientas de uso frecuente por esta y por otras estaciones, artículos obsoletos que se olvidan impremeditadamente y documentos de registro y control pasados que no fueron archivados, entre otros.

Realizar las 5S's implica ejecutar las actividades señaladas a continuación:

Seiri - Organizar

Del estante de troqueles, mesas de trabajo y de la máquina, deberán separarse todas aquellas herramientas u objetos que no se usan frecuentemente.

Algunos de estos elementos son:

- Tuercas
- Pernos
- Tornillos
- Piezas de máquinas o refacciones descompuestas
- Documentos de registro

Separar los troqueles y plantillas en buen estado de los obsoletos para lograr un área de trabajo más cómoda y segura.

Deberá consultarse con el personal de mantenimiento donde se alojarán los troqueles que pueden componerse y las plantillas obsoletas de modelos de mofles que ya no se fabrican.

En cuanto a la documentación de registros de producción pasados, deberá consultarse con el Gerente de Producción el lugar en donde se archivarán; es necesario no desechar esta documentación para tener los registros de operaciones pasadas; el Gerente de Producción decidirá qué tiempo serán conservadas.

Seiton - Ordenar

Lo que se ha separado en la etapa anterior debe clasificarse y organizarse de acuerdo a las 3D (Definir, decidir y diseñar).

En el sitio de la máquina deberán colocarse rótulos sobre los tableros en que se encuentra la herramienta para identificarlos fácilmente.

Deberán colocarse rótulos tanto en el troquel como en el sitio que le corresponde en el estante para que puedan identificarse fácilmente. Se hará con marcador negro de tal forma que sea visible y legible de acuerdo al color del troquel.

Poner en un contenedor todos los pernos que se utilizan para los diferentes troqueles y ordenarlos de acuerdo a sus dimensiones.

Seiso - Limpieza

Quitar restos de grasa y desperdicios sobre la máquina y limpiar periódicamente para evitar nuevamente su acumulación.

Seiketsu - Estandarizar

Realizar un control visual para la identificación de áreas de trabajo; delimitar las áreas para contenedores de materia prima, material en proceso, botes de basura y maquinaria.

Shitsuke - Disciplina

Para lograr que el personal siga los estándares establecidos debe generarse el hábito de practicarlos; fomentar el respeto hacia los demás y la empatía con los compañeros; para lograr esto se debe asegurar el entendimiento de dichos estándares y apoyarse con la técnica de aprender haciendo y predicar con el ejemplo, pues de nada sirve tratar de que el personal se comprometa con la filosofía si esta no es aplicada como se debe.

Principales beneficios de esta propuesta:

- Eliminación de tiempo de búsqueda
- Mejora en seguridad
- Aumenta la velocidad de respuesta
- Incrementar la velocidad de mejora
- Evitar accidentes
- Lograr un lugar de trabajo impecable

5.5.2.2 Compra de llaves faltantes

Para acelerar el proceso de preparación es necesario disponer de las herramientas necesarias para realizar las tareas; esto habrá que comprarse las llaves que el operador comparte con otras estaciones de trabajo que, en ocasiones, las utilizan simultáneamente. Estas se mencionan en la **Tabla 5.42**.

Tabla 5.42. Lista de Llaves a Comprar
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Herramienta	Precio (MN)	Marca
Llave mixta de 15/16"	147.91	Urrea
Llave mixta de 1" 1/8	238.08	Urrea
Llave hexagonal "L" estándar de 3/8"	13.98	Urrea
Llave hexagonal "L" estándar de 7/16"	14.97	Urrea
Total	419.14	

5.5.2.3 Compra de un apilador manual

En el punto 5.3.3 se propusieron algunos modelos de apiladores manuales para que el operador no dependa de la disponibilidad del montacargas.

Para esta estación se propone la adquisición de un apilador manual adicional, para ahorrar el tiempo invertido en la búsqueda y transporte de la carrucha actual.

5.5.2.4 Resultados esperados

Si se disminuye el tiempo de búsqueda y transporte de herramientas en la preparación de esta máquina (Ver **Tabla 5.41**), el diagrama de procesos resultante será el que se muestra en la **Tabla 5.43**.

Tabla 5.43. Actividades para el Cambio de Herramientas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Apagar máquina	○	7
Quitar cinta de lámina	○	15
Flejado de rollo en desenrollador.	○	41
Desmontar troquel y transportar a estante	○ ⇨	549
Tomar troquel de estante y montar en prensa	○ ⇨	570
Ajustar máquina	○	65
Colocar cinta de lámina en troquel	○	132
Encender máquina	○	5
Ajustes y Pruebas finales	○	172

El tiempo total de la preparación en este diagrama es de 1556 segundos, equivalentes a 25.93 minutos; teniendo un ahorro de 369 segundos, los que equivalen a 6.15 minutos.

El número de piezas que esta estación fabrica en ese tiempo es el siguiente:

$$\frac{\text{Tiempo ahorrado}}{2.60 \text{ segundos } \times \text{ pza}} = \text{Número de piezas}$$

$$\frac{369 \text{ segundos}}{2.60 \text{ segundos } \times \text{ pza}} = 141 \text{ piezas}$$

Es decir, se han transformado 6.15 minutos de tiempo de preparación a tiempo de producción y en ese tiempo esta estación fabrica alrededor de 141 separadores.

Con esta información, a continuación se presenta el análisis de factibilidad de la propuesta para esta estación y uno de los modelos de apiladores manuales propuestos en el punto 5.3.3. El siguiente corresponde al análisis de la propuesta y la opción A de dichos montacargas.

Inversión inicial

Montacargas manual opción A:	\$14,890.00
Herramientas:	\$419.14
Total:	\$15,309.14

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$765.00
Total	\$765.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	282
Piezas producidas por mes	6768
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$41,711.48
Ingresos netos:	\$40,946.48

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	1.01278833

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$15,309.14	-\$15,309.14
1	\$40,429.45	\$40,946.48
2	\$39,918.96	\$40,946.48
3	\$39,414.91	\$40,946.48
4	\$38,917.22	\$40,946.48
5	\$38,425.82	\$40,946.48
6	\$37,940.62	\$40,946.48
7	\$37,461.55	\$40,946.48
8	\$36,988.53	\$40,946.48
9	\$36,521.48	\$40,946.48
10	\$36,060.33	\$40,946.48
11	\$35,605.00	\$40,946.48
12	\$35,155.42	\$40,946.48
Total:	\$452,839.27	\$437,530.13

VPN:	\$437,530.13
Costo total:	\$15,309.14
Ganancia:	\$40,946.48
Punto de equilibrio:	0.37388173
Punto de equilibrio en meses:	11.2164518

Esto demuestra que la propuesta es viable, teniendo un beneficio anual de \$437,530.13 pesos.

A continuación se presenta el análisis correspondiente a las propuestas de esta estación de trabajo y la opción B de los apiladores manuales.

Inversión inicial

Montacargas manual opción B:	\$21,490.00
Herramientas:	\$419.14
Total:	\$21,909.14

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$1,095.00
Total	\$1,095.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	282
Piezas producidas por mes	6768
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$41,711.48
Ingresos netos:	\$40,616.48

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$21,909.14	-\$21,909.14
1	\$40,429.45	\$40,946.48
2	\$39,918.96	\$40,946.48
3	\$39,414.91	\$40,946.48
4	\$38,917.22	\$40,946.48
5	\$38,425.82	\$40,946.48
6	\$37,940.62	\$40,946.48
7	\$37,461.55	\$40,946.48
8	\$36,988.53	\$40,946.48
9	\$36,521.48	\$40,946.48
10	\$36,060.33	\$40,946.48
11	\$35,605.00	\$40,946.48
12	\$35,155.42	\$40,946.48
Total:	\$452,839.27	\$430,930.13

VPN:	\$430,930.13
Costo total:	\$21,909.14
Ganancia:	\$40,616.48
Punto de equilibrio:	0.53941506
Punto de equilibrio en meses:	16.1824518

La propuesta es viable, con un beneficio anual de \$430,930.13 pesos.

A continuación se presenta el análisis correspondiente a las propuestas de esta estación de trabajo y la opción C de los apiladores manuales.

Inversión inicial

Montacargas manual opción C:	\$17,550.00
Herramientas:	\$419.14
Total:	\$17,969.14

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$898.00
Total	\$898.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	282
Piezas producidas por mes	6768
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$41,711.48
Ingresos netos:	\$40,813.48

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$17,969.14	-\$17,969.14
1	\$40,429.45	\$40,946.48
2	\$39,918.96	\$40,946.48
3	\$39,414.91	\$40,946.48
4	\$38,917.22	\$40,946.48
5	\$38,425.82	\$40,946.48
6	\$37,940.62	\$40,946.48
7	\$37,461.55	\$40,946.48
8	\$36,988.53	\$40,946.48
9	\$36,521.48	\$40,946.48
10	\$36,060.33	\$40,946.48
11	\$35,605.00	\$40,946.48
12	\$35,155.42	\$40,946.48
Total:	\$452,839.27	\$434,870.13

VPN:	\$434,870.13
Costo total:	\$17,969.14
Ganancia:	\$40,813.48
Punto de equilibrio:	0.44027465
Punto de equilibrio en meses:	13.2082396

La combinación de propuestas es viable teniendo anualmente un beneficio de \$434,870.13 pesos.

La siguiente corresponde a la opción D de los apiladores manuales con la propuesta específica para esta estación.

Inversión inicial

Montacargas manual opción D:	\$41,500.00
Herramientas:	\$419.14
Total:	\$41,919.14

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$2,096.00
Total	\$2,096.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	282
Piezas producidas por mes	6768
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$41,711.48
Ingresos netos:	\$39,615.48

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$41,919.14	-\$41,919.14
1	\$40,429.45	\$40,946.48
2	\$39,918.96	\$40,946.48
3	\$39,414.91	\$40,946.48
4	\$38,917.22	\$40,946.48
5	\$38,425.82	\$40,946.48
6	\$37,940.62	\$40,946.48
7	\$37,461.55	\$40,946.48
8	\$36,988.53	\$40,946.48
9	\$36,521.48	\$40,946.48
10	\$36,060.33	\$40,946.48
11	\$35,605.00	\$40,946.48
12	\$35,155.42	\$40,946.48
Total:	\$452,839.27	\$410,920.13

VPN:	\$410,920.13
Costo total:	\$41,919.14
Ganancia:	\$39,615.48
Punto de equilibrio:	1.05815055
Punto de equilibrio en meses:	31.7445164

La opción C resulta ser viable en su análisis, con un beneficio de \$410,920.13 pesos anuales.

En resumen, las propuestas realizadas para esta estación resultan como se muestra a continuación:

Propuestas con apilador manual opción A	\$437,530.13
Propuestas con apilador manual opción B	\$430,930.13
Propuestas con apilador manual opción C	\$434,870.13
Propuestas con apilador manual opción D	\$410,920.13

De estos análisis se determina que la propuesta factible es la que corresponde a la compra de las llaves faltantes en la estación de Corte de Tapas y la compra del apilador manual de la opción A.

5.6 Aplicación de SMED en la estación de Troquelado de Separadores

5.6.1 Etapa preliminar

El actual proceso de cambio de herramental en el área de troquelado de separadores, permite distinguir las actividades externas de las internas, la mayoría de las actividades realizadas al momento de hacer el cambio de herramental son internas, ya que para el operador no es posible realizar ninguna actividad previa al cambio, sin antes apagar la máquina.

El operador comienza por desatornillar el troquel que es el elemento que más tiempo consume al momento de realizar los cambios, este se encuentra instalado a la prensa por varios tornillos y sujetadores, una vez desmontado el troquel el operador procede a quitar el anillo del troquel, seguido de los pernos que se encuentran debajo del anillo.

Una vez desmontado el troquel el operador lo transporta al estante y lo coloca en el lugar correspondiente, tomando el nuevo troquel para montarlo en la prensa.

Las tareas de preparación se enlistan en la **Tabla 5.44**.

Tabla 5.44. Actividades del Operador en el Proceso de Preparación de la Máquina
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)	Tipo	
		Interno	Externo
Apagar máquina	06	x	
Buscar herramienta	262	x	
Buscar carro	263	x	
Desmontar troquel y colocar en estante	259	x	
Tomar troquel de estante y montar en prensa	405	x	
Ajustes de máquina	79	x	
Encender máquina	05	x	
Ajustes y pruebas finales	187	x	

El tiempo de preparación de esta estación es de 1466 segundos, equivalentes a 24.43 minutos.

Esta estación debe compartir algunas de las herramientas de que dispone para la preparación de su máquina.

Las herramientas ocupadas por el operador son:

- Llave mixta de 1 1/8"
- Llave mixta de 15/16"
- Llave hexagonal "L" estándar de 7/16"
- Llave hexagonal "L" estándar de 3/8"
- Carrucha transportadora

El diagrama de operaciones para el cambio de herramientas de esta estación es el que se aprecia en la **Tabla 5.45**.

Tabla 5.45. Diagrama de Operaciones del Cambio de Herramienta
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Apagar máquina	○	6
Buscar herramienta	⇒	262
Buscar carro	⇒	263
Desmontar troquel y colocar en estante	○	259
Tomar troquel de estante y montar en prensa	○	405
Ajustes de máquina	○	79
Encender máquina	○	05
Ajustes y pruebas finales	○	187

Dada la circunstancia de esta estación, en el sentido de que no se logra prescindir del operador para realizar tareas de preparación previas al paro de la máquina, se proponen mejoras para la disminución del tiempo de cambio de herramienta que se mencionan en el siguiente capítulo.

5.6.2 Propuestas de mejora para la estación de Troquelado de Separadores

5.6.2.1 Aplicar 5 S's

Es altamente recomendable tener el espacio de trabajo ordenado y que en el únicamente se encuentren los materiales y herramientas que están en uso.

La estación de trabajo cuenta con un estante en el que se almacenan los troqueles en desuso, pero este espacio también es utilizado para el almacenamiento de algunas herramientas de uso frecuente por esta y por otras estaciones, artículos obsoletos que se olvidan impremeditadamente y documentos de registro y control pasados que no fueron archivados, entre otros.

Realizar las 5S's implica ejecutar las actividades señaladas a continuación:

Seiri - Organizar

Del estante de troqueles, mesas de trabajo y de la máquina, deberán separarse todas aquellas herramientas u objetos que no se usan frecuentemente.

Algunos de estos elementos son:

- Tuercas
- Pernos
- Tornillos
- Piezas de máquinas o refacciones descompuestas
- Documentos de registro

Separar los troqueles y plantillas en buen estado de los obsoletos para lograr un área de trabajo más cómoda y segura.

Deberá consultarse con el personal de mantenimiento donde se alojarán los troqueles que pueden componerse y las plantillas obsoletas de modelos de mofles que ya no se fabrican.

En cuanto a la documentación de registros de producción pasados, deberá consultarse con el Gerente de Producción el lugar en donde se archivarán; es necesario no desechar esta documentación para tener los registros de operaciones pasadas; el Gerente de Producción decidirá qué tiempo serán conservadas.

Seiton - Ordenar

Lo que se ha separado en la etapa anterior debe clasificarse y organizarse de acuerdo a las 3D (Definir, decidir y diseñar).

En el sitio de la máquina deberán colocarse rótulos sobre los tableros en que se encuentra la herramienta para identificarlos fácilmente.

Deberán colocarse rótulos tanto en el troquel como en el sitio que le corresponde en el estante para que puedan identificarse fácilmente. Se hará con marcador negro de tal forma que sea visible y legible de acuerdo al color del troquel.

Poner en un contenedor todos los pernos que se utilizan para los diferentes troqueles y ordenarlos de acuerdo a sus dimensiones.

Seiso - Limpieza

Quitar restos de grasa y desperdicios sobre la máquina y limpiar periódicamente para evitar nuevamente su acumulación.

Seiketsu - Estandarizar

Realizar un control visual para la identificación de áreas de trabajo; delimitar las áreas para contenedores de materia prima, material en proceso, botes de basura y maquinaria.

Shitsuke - Disciplina

Para lograr que el personal siga los estándares establecidos debe generarse el hábito de practicarlos; fomentar el respeto hacia los demás y la empatía con los compañeros; para lograr esto se debe asegurar el entendimiento de dichos estándares y apoyarse con la técnica de aprender haciendo y predicar con el ejemplo, pues de nada sirve tratar de que el personal se comprometa con la filosofía si esta no es aplicada como se debe.

Principales beneficios de esta propuesta:

- Eliminación de tiempo de búsqueda
- Mejora en seguridad
- Aumenta la velocidad de respuesta
- Incrementar la velocidad de mejora
- Evitar accidentes
- Lograr un lugar de trabajo impecable

5.6.2.2 Compra de llaves faltantes

Para acelerar el proceso de preparación es necesario disponer de las herramientas necesarias para realizar las tareas; esto habrá que comprarse las llaves que el operador comparte con otras estaciones de trabajo que, en ocasiones, las utilizan simultáneamente. Estas se mencionan en la **Tabla 5.46**.

Tabla 5.46. Lista de Llaves a Comprar
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Herramienta	Precio (MN)	Marca
Llave mixta de 15/16"	147.91	Urrea
Llave mixta de 1" 1/8	238.08	Urrea
Llave hexagonal "L" estándar de 3/8"	13.98	Urrea
Llave hexagonal "L" estándar de 7/16"	14.97	Urrea
Total	419.14	

En las propuestas anteriores se ha señalado la necesidad de comprar también montacargas manuales para el transporte de troqueles; para esta estación no será necesaria la compra de este; puesto que la carrucha actual quedará disponible en esta estación.

Si se disminuye el tiempo de búsqueda y transporte de herramientas en la preparación de esta máquina, el diagrama de procesos resultante sería el que se muestra en la **Tabla 5.47**.

Tabla 5.47. Actividades para el Cambio de Herramientas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Apagar máquina	○	6
Desmontar troquel y colocar en estante	○	259
Tomar troquel de estante y montar en prensa	○	405
Ajustes de máquina	○	79
Encender máquina	○	05
Ajustes y Pruebas finales	○	187

El tiempo total de la preparación en este diagrama es de 941 segundos, equivalentes a 15.68 minutos; teniendo un ahorro de 525 segundos, los que equivalen a 8.75 minutos.

El número de piezas que esta estación fabrica en ese tiempo es el siguiente:

$$\frac{\text{Tiempo ahorrado}}{3.60 \text{ segundos } \times \text{ pza}} = \text{Número de piezas}$$

$$\frac{525 \text{ segundos}}{3.60 \text{ segundos } \times \text{ pza}} = 145 \text{ piezas}$$

Es decir, se han transformado 8.75 minutos de tiempo de preparación a tiempo de producción y en ese tiempo esta estación fabrica alrededor de 145 separadores.

A continuación se presenta el análisis de viabilidad de la inversión en la compra de llaves.

Inversión inicial

Herramientas:	\$419.14
Total:	\$419.14

Gastos externos

Mantenimiento mensual de carrucha	\$50.00
Total	\$50.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	290
Piezas producidas por mes	6960
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
Beneficio	\$42,894.78
Ingresos netos:	\$42,844.78

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.164727364
	0.012788333
TMAR:	1.164727364
TMAR Mes:	1.012788333

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$419.14	-\$419.14
1	\$42,303.79	\$42,844.78
2	\$41,769.62	\$42,844.78
3	\$41,242.20	\$42,844.78
4	\$40,721.45	\$42,844.78
5	\$40,207.26	\$42,844.78
6	\$39,699.57	\$42,844.78
7	\$39,198.29	\$42,844.78
8	\$38,703.34	\$42,844.78
9	\$38,214.64	\$42,844.78
10	\$37,732.11	\$42,844.78
11	\$37,255.67	\$42,844.78
12	\$36,785.25	\$42,844.78
Total:	\$473,833.18	\$473,414.04

VPN:	\$473,414.04
Costo total:	\$419.14
Ganancia:	\$42,844.78
Punto de equilibrio:	0.009782755
Punto de equilibrio en meses:	0.293482642

Este análisis demuestra que la inversión es factible, siempre y cuando se implementen las propuestas anteriores, pues estas dejan disponible la carrucha para esta estación, teniendo un beneficio anual de \$ 473,414.04

5.7 Aplicación de SMED en la estación de Ensamble de Interiores

5.7.1 Etapa preliminar

Esta estación es la encargada de realizar el ensamble de los elementos internos del mofle, en el ensamble Cuerpo / Forro que proviene de la estación de Sellado (P04-04, en su análisis, en el capítulo 5.3, nombrada como Estación de Sellado de Forro).

Los elementos intercambiables en la preparación de las máquinas son los siguientes:

- Mordazas
- Velas
- Plantillas

Estos elementos y las herramientas que utiliza para el desmontaje están siempre disponibles para el operador; su lugar de almacenaje actual se encuentra en la parte inferior de la máquina, por lo que el operador no tiene que desplazarse a otros sitios para buscar herramientas o elementos de apoyo para la preparación de la esta.

La **Tabla 5.48** muestra la separación de tareas internas y externas de acuerdo al proceso de cambio realizado por el operador.

Tabla 5.48. Actividades del Cambio de Herramienta en la Estación de Ensamble de Interiores Separando Actividades Internas y Externas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)	Tipo	
		Interno	Externo
Apagar máquina	5	x	
Desmontar mordazas y colocar en estante	412	x	
Buscar nuevas mordazas y colocar en la máquina	450	x	
Desmontar velas y colocar en estante	88	x	
Desmontar plantilla y colocar en estante	70	x	
Buscar y colocar nueva plantilla en la máquina	129	x	
Buscar y colocar nuevas velas	72	x	
Ajuste de longitud de carrera vertical	100	x	
Encendido de máquina	3	x	
Ajustes y pruebas finales	116	x	

La **Tabla 5.49** muestra el diagrama de actividades para el cambio de herramientas.

Tabla 5.49. Descripción de las Actividades del Cambio de Herramientas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Apagar máquina	○	5
Desmontar mordazas y colocar en estante	○	412
Buscar nuevas mordazas y colocar en la máquina	○	450

Tabla 5.49. Descripción de las Actividades del Cambio de Herramientas (Continuación)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Desmontar velas y colocar en estante	○	88
Desmontar plantilla y colocar en estante	○	70
Buscar y colocar nueva plantilla en la máquina	○	129
Buscar y colocar nuevas velas	○	72
Ajuste de longitud de carrera vertical	○	100
Encendido de máquina	○	3
Ajustes y pruebas finales	○	116

Este proceso consume un tiempo de preparación de 1445 segundos, equivalentes a 24.07 minutos.

Para llevar a cabo el cambio de modelo, el operador tiene que parar la máquina, y su operación al momento de producir no permite que este pueda realizar tareas de preparación antes del paro, es decir, para que esta estación mantenga su producción necesita siempre la asistencia del operador.

5.7.2 Propuesta de mejora para la estación de Ensamble de Interiores

Esta estación resulta ser de las más críticas, durante la producción es en esta donde se genera un cuello de botella.

El proceso que genera más tiempo al momento de realizar el cambio de herramienta, es el cambio de mordazas; implica el quitar tornillos con la ayuda de llaves de las que el operador dispone.

La mordaza es el elemento encargado de sujetar el ensamble de Cuerpo / Forro, al momento en que un pistón ensambla los elementos internos en este.

La **Figura 5.26** muestra la disposición actual de las mordazas de la estación de ensamble de interiores.

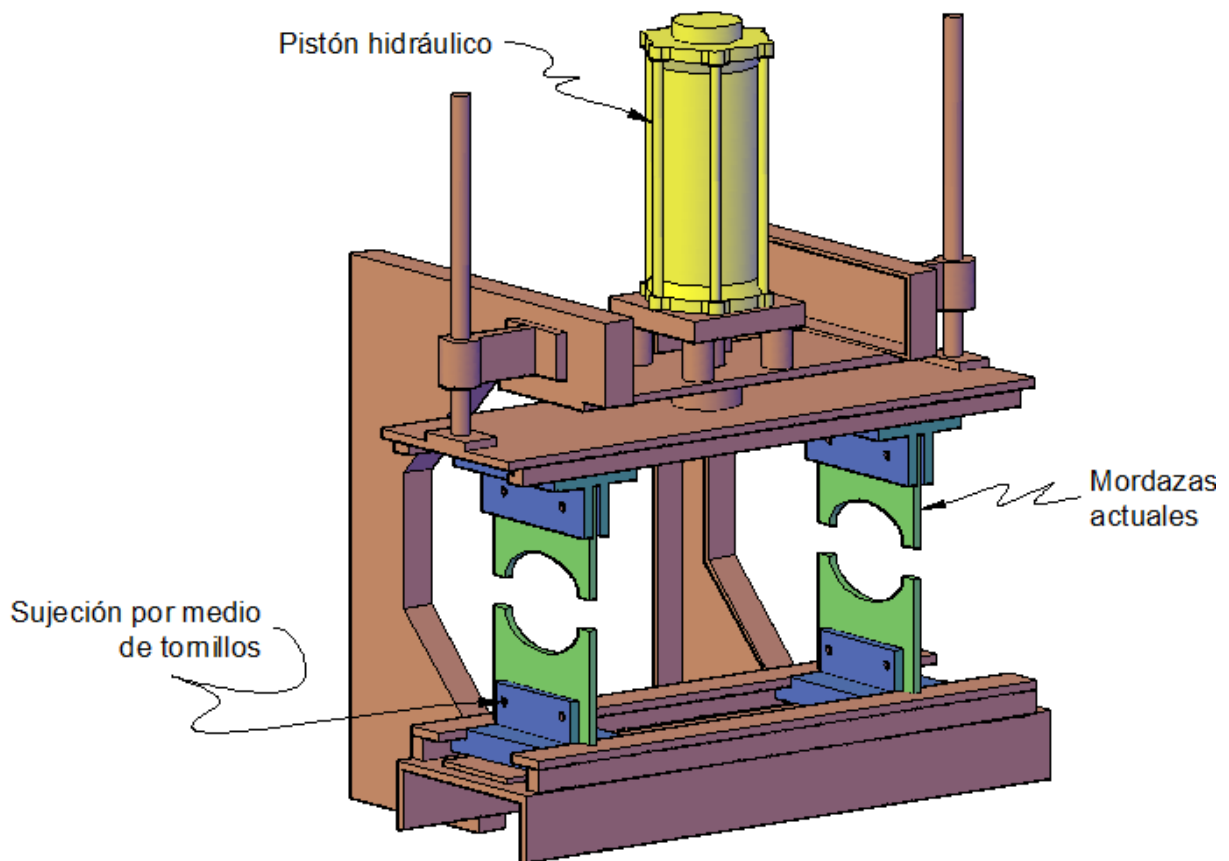


Figura 5.26. Disposición Actual de las Mordazas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

La sujeción con tornillos consume un tiempo mayor del que se requeriría para el desmontaje de mordazas si estas se fijaran con sujetadores.

Se propone el rediseño de las mordazas haciendo uso de sujetadores, dos por pieza y que su modo de colocación sea por medio de fundas que no permitan que la mordaza se acomode en forma inadecuada.

La **Figura 5.27** muestra el diseño de la mejora propuesto.

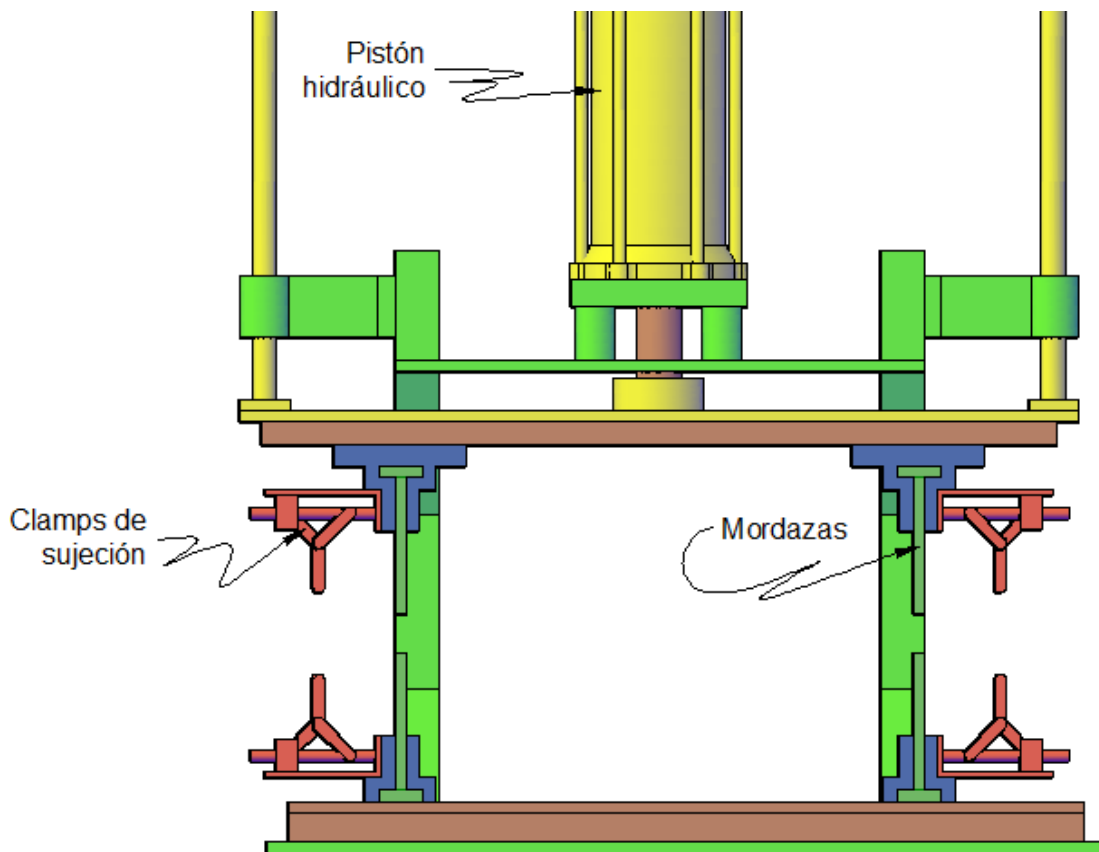


Figura 5.27. Diseño de las Nuevas Mordazas
(Fuente: elaboración propia)

Los rieles deberán estar instalados en la ensambladora; las mordazas poseerán la forma para ser ensambladas en los rieles de una forma única. Cada mordaza incluirá un par de sujetadores (*Clamps*) sujetas por medio de soldadura a

los rieles para evitar que las mordazas se muevan cuando la ensambladora se encuentra en operación.

Los nuevos tiempos estimados para el cambio de herramienta en esta estación quedarían como se muestran en la **Tabla 5.50**.

Tabla 5.50. Diagrama de Operación del Cambio de Herramienta y los Nuevos Tiempos
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad	Operador	Tiempo (S)
Apagar máquina	○	5
Desmontar mordazas y colocar en estante	○	152
Buscar nuevas mordazas y colocar en la máquina	○	204
Desmontar velas y colocar en estante	○	88
Desmontar plantilla y colocar en estante	○	70
Buscar y colocar nueva plantilla en la máquina	○	129
Buscar y colocar nuevas velas	○	72
Ajuste de longitud de carrera vertical	○	100
Encendido de máquina	○	3
Ajustes y pruebas finales	○	116

El tiempo nuevo de cambio de herramienta suma un total de 939 segundos, que equivalen a 15.65 minutos.

De acuerdo a lo anterior, el número de ensambles que puede esta estación realizar en este tiempo equivale a lo siguiente:

$$1445 - 939 = 506 \text{ segundos} = 8.43 \text{ minutos}$$

$$\frac{\textit{Tiempo ahorrado}}{8.57 \textit{ segundos x ensamble}} = \textit{Número de piezas}$$

$$\frac{506 \textit{ segundos}}{8.57 \textit{ segundos x ensamble}} = 59 \textit{ ensambles}$$

Es decir, se habrán transformado 506 segundos (8.43 minutos) de tiempo de preparación a tiempo de producción y en este lapso, la estación puede realizar 59 ensambles aproximadamente.

En este caso, la mejora propuesta disminuye el tiempo de preparación de máquina sin disminuir el número de elementos de ajuste pero facilitando la realización de estos.

A continuación se presenta el análisis de factibilidad para la mejora propuesta en esta estación.

Inversión inicial

Modificación de mordazas	\$2,500.00
Modificación de máquina	\$3,000.00
Compra de Clamps	\$1,200.00
Total:	\$6,700.00

Gastos externos

Mantenimiento mensual	\$335.00
Total	\$335.00

Producción con tiempo propuesto

Piezas producidas por día	59
Piezas producidas por mes	1416
Costo de venta promedio del mofle	\$315
Ganancia por mofle	\$141.75
Valor agregado por proceso	\$6.16
<hr/>	
Beneficio	\$8,726.87
Ingresos netos:	\$8,391.87

Datos para la TMAR

Inflación (I):	0.0486
Premio al riesgo (PR):	0.1
I*PR:	0.00486
	0.15346
	0.16472736
	0.01278833
TMAR:	1.16472736
TMAR Mes:	1.01278833

Flujo de efectivo

Mes	Monto	Ingresos netos
0	-\$6,700.00	-\$6,700.00
1	\$8,285.91	\$8,391.87
2	\$8,181.28	\$8,391.87
3	\$8,077.98	\$8,391.87
4	\$7,975.98	\$8,391.87
5	\$7,875.27	\$8,391.87
6	\$7,775.83	\$8,391.87
7	\$7,677.64	\$8,391.87
8	\$7,580.70	\$8,391.87
9	\$7,484.98	\$8,391.87
10	\$7,390.47	\$8,391.87
11	\$7,297.15	\$8,391.87
12	\$7,205.01	\$8,391.87
<hr/>		
Total:	\$92,808.18	\$86,108.18



Capítulo 5. Metodología propuesta



VPN:	\$86,108.18
Costo total:	\$6,700.00
Ganancia:	\$8,391.87
Punto de equilibrio:	0.79839182
Punto de equilibrio en meses:	23.9517545

Con lo anterior se concluye que anualmente se tendrá un beneficio económico de \$86,108.18 pesos, y se confirma que la propuesta de mejora es factible.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los resultados de la aplicación del sistema SMED pueden ser plasmados en números que representan beneficios económicos o el tiempo total que consume el nuevo proceso de preparación; los beneficios que trae para la empresa son tangibles en términos económicos, resultados que pueden ser apreciados a corto o largo plazo.

En este caso, las estaciones analizadas fueron susceptibles a mejorar, la metodología SMED aplicada en estas se reflejó en los resultados que se muestran en la **Tabla 6.1**, tomando como factibles todas las propuestas planteadas.

La priorización de estas toma como base su aportación de beneficio.

Tabla 6.1. Resumen de las Propuestas para las Estaciones Analizadas
(Fuente: elaboración propia)

Estación de trabajo	Propuesta	Costo aproximado	Beneficio anual	Priorización
Sellado de forro	Fabricación de flecha, mordazas y topes	\$129,800.00	\$1'496,400.39	1
Corte de tapas	Aplicar 5 S's, compra de llaves faltantes y montacargas opción A	\$15,309.14	\$525,864.10	2
Corte de separadores	Aplicar 5 S's, compra de llaves faltantes y montacargas opción A	\$21,909.14	\$430,930.13	4
Troquelado de separadores	Aplicar 5 S's y compra de llaves faltantes	\$419.14	\$473,414.04	3
Ensamble de interiores	Modificación del mecanismo de fijación de mordazas	\$6,700.00	\$86,108.18	5
Totales:			\$3'012716.84	

De la tabla anterior se concluye que la propuesta de mayor priorización es la Fabricación de flecha, mordazas y topes, teniendo una inversión inicial de \$129,800.00 pesos, obteniendo un beneficio anual de \$1'496,400.39 con un periodo de recuperación de 26.48 días.

Las propuestas realizadas para corte de tapas, corte de separadores y troquelado de separadores pueden ser aplicadas simultáneamente teniendo una inversión inicial de \$15,309.14, \$21,909.14 y \$419.14 pesos respectivamente, los beneficios esperados son de \$525,864.10, \$430,930.13 y \$473,414.04 y sus periodos de recuperación corresponden a 9.38, 11.21 y 0.29 días, la similitud en las propuestas de estas estaciones permitirá llevar un control adecuado de su implementación.

En lo que respecta a la modificación del mecanismo de fijación de mordazas en la estación de ensamble de interiores, su aportación económica es la menor, pero tomando en cuenta que esta es una de las estaciones críticas será conveniente priorizar su mejoramiento; teniendo una inversión inicial de \$6,700.00 pesos únicamente aporta un beneficio anual de \$86,108.18 con un periodo de recuperación de 23.95 días.

Estas propuestas quedan a consideración de la dirección de la empresa para su análisis; su implementación necesitará la participación del personal capacitado para proveer la seguridad del cumplimiento según se marca en las líneas del análisis realizado en cada estación.

Los costos utilizados pueden variar de acuerdo a la calidad de los materiales empleados y del nivel de especialización del taller que se encargue de realizar los maquinados correspondientes, específicamente hablando, de la flecha propuesta para la estación de Sellado de Forro descrita en la sección 5.3.4.

Haciendo referencia general, una de las cosas observadas durante la investigación es que, los operadores cuando efectúan la preparación de la máquina tienden a realizar tareas que no agregan valor, tendencia que se manifiesta por un desinterés propio de los operadores; esto puede deberse a una falta de programas que incentiven el esfuerzo del personal.

Estos argumentos marcan la pauta para hacer las recomendaciones pertinentes en el siguiente capítulo.

6.2 Recomendaciones

Los resultados de estas propuestas pueden variar en su aplicación y no deben interpretarse como inapelables o como resultado de la producción de toda la línea, dado que estos se basan en la producción de una sola máquina de acuerdo al tiempo mejorado con el sistema SMED.

Resulta conveniente por lo tanto, que después de la implementación de las mejoras, se realice un análisis para el rebalanceo de la línea que evite se generen cuellos de botella en las estaciones subsecuentes a las mejoradas, al tiempo que dará como resultado los hallazgos que indiquen las áreas susceptibles a mejorar en el futuro.

Se recomienda la fabricación de la flecha propuesta en la sección 5.3.4 en la empresa TECNOTROQUELES S.A. DE C.V., que ha sido el proveedor de servicio de mantenimiento especializado a troqueles y fabricante de piezas especiales de maquinaria cuando esta es requerida, además de contar con precios especiales por ser clientes frecuentes.

Así también resultaría conveniente realizar una cotización de maquinado para el modelo de flecha propuesto, garantizando que el costo de su fabricación sea el más económico y solvente a la calidad requerida del producto.

Las propuestas restantes que requieran maquinado pueden realizarse en el área de proyectos de la empresa; esta cuenta con personal y el equipamiento necesario para efectuar dichos trabajos.

Se recomienda que, una vez establecido el tiempo máximo requerido para la preparación de la maquinaria, se programen los sistemas de sensores disponibles para medir el tiempo que transcurre desde que inicia el proceso de preparación; en caso de que se vea rebasado, un supervisor acuda a la máquina para observar lo que acontece en el proceso.

Establecer programas para la concientización e incentivación del personal, mejorando su compromiso con la empresa y elevando la productividad.

La certificación ISO 9001-2008 conlleva a la adquisición de muchas responsabilidades para con el cliente, esto hace necesario registrar los defectos localizados para encontrar sus causas, monitorear la calidad de las materias primas, materiales en proceso y producto final; a su vez estos registros servirán como base para la toma de decisiones sobre los procesos de fabricación adoptados en el futuro.

La Línea de Mofle Regular tiene la mayor carga de trabajo en la planta, factor que agrega importancia al orden, limpieza, disciplina y capacitación del personal, así como el buen estado de los equipos; lo anterior hace recomendable la participación de los directivos y del personal de producción para el mejoramiento de la productividad; para esto se sugiere aplicar la filosofía de las 5 S's, que

proporcionará una de las bases fundamentales para el cambio a la disciplina de la mejora continua.

Las recomendaciones planteadas toman en cuenta la participación de todo el personal involucrado en producción, no será alcanzable una mejora consistente si no se practica la disciplina.

Fuentes

1. Baca Urbina, G. (2000). "Evaluación de Proyectos". Mc Graw Hill; México; Tercera Edición.
2. Baca Urbina, G. (2001). "Evaluación de proyectos"; Mc Graw Hill; México; Cuarta Edición.
3. Hernández Hernández A. y Hernández Villalobos A.; (2000); "Formulación y evaluación de Proyectos de inversión"; Ed. ECAFSA; México, D.F; Tercera Edición.
4. Hirano, H. (1998). "5 Pilares de la Fabrica Visual: La fuente Para la Implantación de Las 5 S's"; Ed. Taylor and Francis.
5. Hirano, H. y Nikkan Kogyo S. (1988). "Poka-Yoke, Mejorando la Calidad del Producto Evitando los Defectos"; Productivity Press, Portland, Oregon.
6. Niebel B. W. (1996). "Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos"; Editorial ALFAOMEGA; Novena edición.
7. Shigeo, S. (1996) "Quick change over for operators: the SMED system"; Productivity Press.
8. Shigley, Joseph E. (1992). "Diseño en Ingeniería Mecánica"; Ed. Mc Graw Hill; 5ª edición.
9. Shingo, S. (1987). "Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement"; Productivity Press.

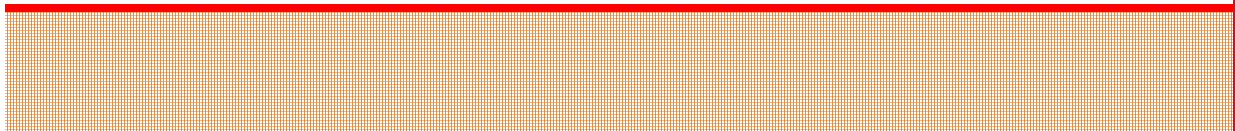
10. Shingo, S. (1997). *“Una Revolución en la Producción: El Sistema SMED”*; Productivity Press Cambridge; 2ª edición.
11. Villaseñor, A. (2009); *“Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica”*; Limusa; México; 2ª edición.

Consultas electrónicas

<http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P621.9023B326/Capitulo1.pdf>

http://octi.guanajuato.gob.mx/sinnco/formulario/MT/MT2009/MT5/SESION1/MT51_JMENDOZA_078.pdf

ANEXOS



Anexo A. Tablas de tomas de tiempos de preparación de maquinaria de la Línea de Mofle Regular

Tabla A-1. Corte de boquillas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	19-ago.	27-ago.	07-sep.
Apagado de la máquina	4	3	5
Ir por tubos	248	223	298
Cargar tubos a la máquina	78	94	86
Ajustar diámetro de rodillos	48	48	58
Cambio de mordazas	168	168	202
Ajuste de longitud	66	79	73
Encender máquina	3	3	3
Ajustes y pruebas finales	26	29	26
Segundos totales:	641	647	751
Minutos totales:	10.68	10.78	12.52

Tabla A-2. (P01-02) Reducción / ampliación de boquillas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	19-ago.	27-ago.	02-sep.
Apagar máquina	3	4	2
Desmontar expansor	108	119	97
Desmontar reductor	94	103	113
Buscar expansor y reductor y ponerlos al alcance	20	24	24
Montar expansor	138	124	138
Montar reductor	126	113	151
Ajuste de longitudes	34	41	34
Encender máquina	5	4	5
Ajustes y pruebas finales	68	75	75
Segundos totales:	596	607	639
Minutos totales:	9.93	10.12	10.65

Tabla A-3. (P02-01) Corte de tapas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	19-ago.	02-sep.	03-sep.
Apagar máquina	7	6	6
Quitar cinta de lamina	15	14	15
Flejado de rollo en desenrollador	52	52	57
Buscar herramienta	156	156	140
Buscar carro	253	278	278
Desmontar troquel y colocar en estante	554	609	554
Tomar troquel de estante y montar en prensa	641	513	769
Ajustes de máquina	79	79	87
Ajuste de desenrollador	106	106	95
Colocar cinta de lámina en troquel	227	204	272
Encender máquina	8	6	8
Ajustes y pruebas finales	259	207	259
Segundos totales:	2357	2230	2540
Minutos totales:	39.28	37.17	42.33

Tabla A-4. (P02-02) Troquelado de tapas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	28-ago.	02-sep.	07-sep.
Apagar máquina	7	7	6
Buscar herramienta	9	8	10
Desmontar troquel y colocar en estante	371	408	408
Tomar troquel de estante y montar en prensa	325	325	293
Ajustes de máquina	53	58	64
Encender máquina	8	7	7
Ajustes y pruebas finales	133	160	120
Segundos totales:	906	973	908
Minutos totales:	15.1	16.22	15.13



	<p>Anexos</p>	
---	---------------	---

Tabla A-5. (P03-01) Ensamble boquilla / tapas
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	19-ago.	20-ago.	28-ago.
Desmontar plantilla y colocar en estante	57	46	63
Buscar plantilla y colocar en la prensa	77	62	77
Ajuste de altura con gato	116	116	116
Ajustes y pruebas finales	25	25	28
Segundos totales:	275	249	284
Minutos totales:	4.58	4.15	4.73

Tabla A-6. (P04-01) Corte de forro
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	19-ago.	19-ago.	28-ago.
Apagado de maquinas (Cortadora de puntas y guillotina)	3	3	3
Enrollar lamina con desenrollador (En reversa)	22	24	18
Flejado de rollo	55	44	61
Desmontar rollo del desenrollador con el carro	32	32	32
Bajar rollo del carro	18	22	14
Subir rollo nuevo al carro	30	33	27
Montar rollo al desenrollador	31	28	34
Desflejar rollo	16	13	14
Colocar lamina en guillotina	106	117	117
Ajuste de longitudes	160	128	160
Ajuste de cortadora de puntas	71	57	57
Encendido de maquinas	3	3	3
Ajustes y pruebas finales	25	28	23
Segundos totales:	572	532	563
Minutos totales:	9.53	8.87	9.38

Tabla A-7. (P04-02) Estriado de forro
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	20-ago.	02-sep.	07-sep.
Apagado de máquina	2	2	2
Ajuste de topes	237	213	237
Encendido de máquina	2	2	2
Segundos totales:	241	217	241
Minutos totales:	4.02	3.62	4.02

Tabla A-8. (P04-03) Estampado de forro
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	27-ago.	28-ago.	02-sep.
Apagado de máquina	2	2	2
Desmontaje de plantillas y dejar en estante	173	190	190
Buscar plantillas y montar en prensa	196	235	235
Encendido de máquina	2	2	2
Segundos totales:	373	429	429
Minutos totales:	6.22	7.15	7.15

Tabla A-9. (P04-04) Sellado de forro
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	20-ago.	27-ago.	02-sep.
Apagado de máquina	6	7	7
Desmontar rodillos y dejar en estante	526	526	631
Desmontar mordazas y dejar en estante	272	326	299
Desmontar topes y dejar al alcance	255	230	281
Desmontar flecha y dejar en estante	713	642	784
Montar nueva flecha	929	743	1115
Ir por mordazas y montar en máquina	320	256	352
Ir por rodillos y montar en máquina	676	541	811
Montar topes y ajustar	347	416	312
Ajustar altura de carrera del balancín	72	65	58
Encendido de máquina	8	7	6
Ajustes y pruebas finales	404	364	444
Segundos totales:	4528	4123	5100
Minutos totales:	75.47	68.72	85

Tabla A-10. (P05-01) Flanjeado
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	19-ago.	28-ago.	03-sep.
Apagado de máquina	2	2	2
Desmontar dado superior y dejar en estante	97	78	107
Desmontar dado inferior y dejar en estante	112	112	123
Montar dado superior	146	175	146
Montar dado inferior	137	151	137
Desmontar escantillones	19	23	23
Montar nuevos escantillones	35	32	39
Encender máquina	2	2	2
Ajustes y pruebas finales	10	12	9
Segundos totales:	560	587	588
Minutos totales:	9.33	9.78	9.8

Tabla A-11. (P06-01) Corte de tubos interiores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	27-ago.	28-ago.	03-sep.
Apagado de máquina	2	2	2
Enrollar cinta de lamina	15	12	18
Flejado de rollo	47	56	42
Desmontaje de rollo	88	106	70
Montaje de rollo	104	83	83
Quitar fleje	7	6	8
Colocar cinta de lamina en posición	30	27	30
Desmontar plantilla y dejar en estante	128	102	128
Buscar plantilla y montar en troquel	232	209	255
Ajuste de guías del troquel	87	104	70
Ajuste de carrera del alimentador	20	20	18
Encender máquina	4	3	3
Ajustes y pruebas finales	35	32	42
Segundos totales:	799	762	769
Minutos totales:	13.32	12.7	12.82

Tabla A-12. (P06-02) Sellado de tubos interiores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	19-ago.	20-ago.	28-ago.
Apagado de máquina	2	2	2
Desmontar flecha y colocar en estante	232	186	255
Colocar nueva flecha	260	208	260
Ajustar acarreador de lamina y colocar nuevo	158	142	190
Ajuste de cuñas	43	39	34
Ajustar tope	263	316	289
Ajustar guías	74	74	59
Encender máquina	2	2	2
Ajustes y pruebas finales	144	158	115
Segundos totales:	1178	1127	1206
Minutos totales:	19.63	18.78	20.1

Tabla A-13. (P07-01) Corte de separadores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	20-ago.	03-sep.	07-sep.
Apagar máquina	7	6	8
Quitar cinta de lamina	14	17	13
Flejado de rollo en desenrollador	40	40	44
Buscar herramienta	140	140	154
Buscar carro	232	209	232
Desmontar troquel y colocar en estante	499	599	549
Tomar troquel de estante y montar en prensa	552	607	552
Ajustes de máquina	67	74	54
Colocar cinta de lamina en troquel	152	122	122
Encender máquina	5	6	5
Ajustes y pruebas finales	172	138	206
Segundos totales:	1880	1958	1939
Minutos totales:	31.33	32.63	32.32

Tabla A-14. (P07-02) Troquelado de separadores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	02-sep.	03-sep.	07-sep.
Apagar máquina	6	7	6
Buscar herramienta	262	262	210
Buscar carro	263	263	289
Desmontar troquel y colocar en estante	259	207	311
Tomar troquel de estante y montar en prensa	405	446	486
Ajustes de máquina	79	95	71
Encender máquina	5	6	5
Ajustes y pruebas finales	187	168	206
Segundos totales:	1466	1454	1584
Minutos totales:	24.43	24.23	26.4

Tabla A-15. (P08-01) Ensamble separadores / tubos interiores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	28-ago.	02-sep.	07-sep.
Desmontar plantilla superior y colocar en estante	96	96	106
Desmontar plantilla inferior y colocar en estante	69	76	76
Buscar plantillas y colocar la superior en la prensa	155	124	186
Colocar plantilla inferior en la prensa	76	61	68
Ajuste de altura	116	116	116
Ajustes y pruebas finales	65	65	59
Segundos totales:	577	538	611
Minutos totales:	9.62	8.97	10.18

Tabla A-16. (P09-01) Ensamble de interiores
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	28-ago.	02-sep.	03-sep.
Apagar máquina	5	6	4
Desmontar mordazas y colocar en estante	386	463	386
Buscar nuevas mordazas y colocar en la máquina	422	464	464
Desmontar velas y colocar en estante	88	70	106
Desmontar plantilla y colocar en estante	72	65	72
Buscar y colocar nueva plantilla en la máquina	114	137	137
Buscar y colocar nuevas velas	77	69	69
Ajuste de longitud de carrera vertical	107	96	96
Encendido de máquina	3	3	3
Ajustes y pruebas finales	116	93	139
Segundos totales:	1390	1466	1476
Minutos totales:	23.17	24.43	24.6

Tabla A-17. (P10-01) Engargolado
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Actividad del operador	Tiempo (S)		
	02-sep.	03-sep.	07-sep.
Apagar máquina	2	2	2
Ir por carro	30	33	36
Desmontar pista y colocar en estante y traer la nueva	305	366	366
Desmontar contrapunto, dejar en estante y traer la nueva	78	62	94
Desmontar rodillo, dejar en estante y traer nuevo	83	91	100
Ajuste de altura de contrapunto	141	127	169
Montaje de nueva pista	210	231	231
Montar rodillo	100	90	80
Montar contrapunto	68	68	61
Ajustar distancia rodillo / tapa	142	142	128
Encendido de máquina	3	4	2
Ajustes y pruebas finales	30	24	27
Segundos totales:	1192	1240	1296
Minutos totales:	19.87	20.67	21.6

Tabla A-18. Tiempos preliminares
(Fuente: elaboración propia con datos de la empresa)

Clave	Estación	Tiempo de preparación	Toma 1	Toma 2	Toma 3
P01-01	Corte de boquillas	11.33	19-ago.	27-ago.	07-sep.
P01-02	Reducción / ampliación de boquillas	10.23	19-ago.	27-ago.	02-sep.
P02-01	Corte de tapas	39.59	19-ago.	02-sep.	03-sep.
P02-02	Troquelado de tapas	15.48	28-ago.	02-sep.	07-sep.
P03-01	Ensamble boquilla / tapas	4.49	19-ago.	20-ago.	28-ago.
P04-01	Corte de forro	9.26	19-ago.	19-ago.	28-ago.
P04-02	Estriado de forro	3.89	20-ago.	02-sep.	07-sep.
P04-03	Estampado de forro	6.84	27-ago.	28-ago.	02-sep.
P04-04	Sellado de forro	76.40	20-ago.	27-ago.	02-sep.
P05-01	Flanjeado	9.64	19-ago.	28-ago.	03-sep.
P06-01	Corte de tubos interiores	12.95	27-ago.	28-ago.	03-sep.
P06-02	Sellado de tubos interiores	19.50	19-ago.	20-ago.	28-ago.
P07-01	Corte de separadores	32.09	20-ago.	03-sep.	07-sep.
P07-02	Troquelado de separadores	25.02	02-sep.	03-sep.	07-sep.
P08-01	Ensamble separadores / tubos interiores	9.59	28-ago.	02-sep.	07-sep.
P09-01	Ensamble de interiores	24.07	28-ago.	02-sep.	03-sep.
P10-01	Engargolado	20.71	02-sep.	03-sep.	07-sep.

Anexo B. Glosario de conceptos

Concepto	Significado
<i>Cross section</i>	Distancias en pulgadas de centro a centro de los arcos transversales y longitudinales que forman el contorno de la elipse del forro cuando el modelo es "Ovalado" y el diámetro cuando es "Redondo".
Sistema de escape	Sistema que ayuda a la salida al exterior de los gases residuales de la combustión.
Forro	Sección ovalada o redonda de lámina que cubre el cuerpo del escape.
DX	Diámetro de diferente tamaño.
<i>Stock</i>	Conjunto de productos que tiene almacenados un comercio y que están destinados a la venta.
Cambio	Proceso de cambiar la producción de un producto a otro
Periodo de preparación o <i>set up</i>	Es la cantidad de tiempo necesario en cambiar un dispositivo de un equipo y preparar ese equipo para producir un modelo diferente (Equivalente al tiempo interno)
Periodo de <i>run up</i>	Tiempo en el que se reanuda la producción y existen ajustes dentro de éste hasta que se alcance la estabilidad de la producción

Anexo B. Glosario de Conceptos (Continuación)

Concepto	Significado
<p>Tiempo interno</p>	<p>Tiempo que consume la realización de actividades de preparación cuando la línea de producción está detenida, se deja de producir. El mayor porcentaje de tiempo interno es el que se lleva reparando máquinas, por lo que es necesario mencionar que el mantenimiento preventivo reduce hasta el 60% de los tiempos necesarios para reparar una máquina. Un ejemplo para el tiempo interno, es cuando en la carrera de los automóviles de la Formula 1 se cambia las ruedas del vehículo.</p>
<p>Tiempo externo</p>	<p>Tiempo que consume la realización de actividades de preparación antes de detener la línea para realizar el cambio, es decir actividades que se realizan con la maquinaria en marcha</p>

Anexo C. Glosario de abreviaciones

Concepto	Significado
<p>SMED</p>	<p><i>Single-Minute Exchange of Die</i></p>
<p>VPN</p>	<p>Valor Presente Neto</p>
<p>TMAR</p>	<p>Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento</p>
<p>SWITCH</p>	<p>Dispositivo que permite la interconexión de redes sólo cuando esta conexión es necesaria</p>