

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SALVATIERRA**



**“EXPANSIÓN HORIZONTAL DE TPM EN NUEVAS
MÁQUINAS DE FORMADO Y PREFORMADO EN LA
EMPRESA KS GLEITAGER MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V”**

**TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)**

Elaborada por:

MARIA DOLORES GONZÁLEZ ZAVALA

Para obtener el título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Asesora:

DRA. MARCELA ESPINOSA RODRÍGUEZ

Salvatierra, Gto.

Junio, 2025



Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra

Subdirección Académica

FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Lugar y fecha: 03 de junio de 2025

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral.

C. M.C.P. OMAR GIL VÁZQUEZ

Jefe(a) de la División de Estudios Profesionales o su equivalente en los Institutos Tecnológicos Descentralizados

PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre:	Maria Dolores González Zavala
Carrera:	Ingeniería Industrial
No. De Control	IN20110051
Nombre del proyecto:	Expansion horizontal de TPM en nuevas maquinas de formado y preformado en la empresa KS GLEITAGER MÉXICO, S. de R.L. de C.V.
Producto:	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

M.C.P. Omar Gil Vázquez

Dra. Marcela Espinosa Rodríguez Nombre y firma del Asesor	Dra. Ana Luisa Olvera Montoya Nombre y firma del revisor	Ing. Alejandra Martínez Coria Nombre y firma del revisor

*Solo aplica en caso de Tesis

Ccp. Expediente



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Manuel Gómez Morín #300 Comunidad de Janicho, Salvatierra,

Guanajuato, Méx. C.P. 38900 Tels. 466 663 98 00 Ext. 130



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud, fortaleza y la oportunidad de completar esta etapa de mi vida, guiándome en cada paso del camino.

A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y amor a lo largo de este camino. Gracias por ser mi mayor fuente de motivación y por impulsarme a seguir mis sueños.

A mis profesores, quienes con su guía, conocimiento y paciencia me han preparado para enfrentar los desafíos de mi carrera profesional. En especial, a la ingeniera Marcela Espinosa Rodríguez, por su valiosa orientación durante el desarrollo de este proyecto.

A mi asesor externo, el Ingeniero Emanuel Ignacio Arredondo Zárate, por su constante apoyo, sus valiosos consejos y su dedicación durante el desarrollo de este proyecto. Agradezco profundamente el tiempo que me brindó, así como el trato respetuoso y amable que siempre mostró. Su disposición para orientarme en todo momento y su compromiso con el proyecto tuvieron un impacto significativo en mi aprendizaje y desarrollo.

A mis compañeros y amigos, por su apoyo, enseñanzas y por hacer de esta etapa una experiencia inolvidable. Gracias por los momentos de trabajo en equipo, los consejos y las risas que hicieron este camino más ligero.

A la empresa KS GLEITLAGER, por brindarme la oportunidad de aplicar mis conocimientos en un entorno profesional y permitirme aprender y crecer.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al desarrollo de este proyecto. Sus palabras de aliento y su apoyo me impulsaron a dar lo mejor de mí.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes, con su amor incondicional, su trabajo incansable y sus sabios consejos, han sido mi mayor ejemplo de fortaleza, perseverancia y dedicación. Gracias por ser mi apoyo constante, por enseñarme con su ejemplo la importancia de la disciplina, el esfuerzo y la resiliencia. A pesar de los obstáculos, siempre han creído en mí y me han alentado a seguir adelante. Su confianza en mí y el amor con el que me han rodeado me han dado las herramientas necesarias para alcanzar mis metas, y por ello, les debo gran parte de este logro.

A mis hermanos, por ser mi fuente constante de inspiración y apoyo. Cada uno de ustedes, con su individualidad y su aliento, ha sido un pilar fundamental en mi vida. Gracias por su confianza en mis capacidades y por las palabras de ánimo que siempre me brindaron, especialmente en los momentos más difíciles. Su presencia ha sido una motivación diaria que me ha impulsado a seguir adelante y a no rendirme nunca.

A mis amigos, por su comprensión, compañía y constante motivación a lo largo de este camino. Han sido mi refugio en los días de duda y mi fuente de energía en los momentos de cansancio. Agradezco profundamente su apoyo incondicional, las risas compartidas y su capacidad para hacerme sentir acompañada en cada paso de este proceso. Sin ustedes, este camino habría sido mucho más difícil, y su amistad ha sido un regalo invaluable.

RESUMEN

El proyecto titulado “Expansión Horizontal de TPM en Nuevas Máquinas de Formado y Preformado en la Empresa KS GLEITAGER México, S. de R.L. de C.V.” tiene como objetivo principal reducir los costos operativos generados por los retrasos en los cambios de modelo que impactan negativamente la producción e incrementan el desperdicio de materiales tanto para la máquina Skive 1 como Bihler 2, esenciales en los procesos de preformado y formado de bujes. Este trabajo se desarrolla bajo el pilar de mejora enfocada del programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

La metodología empleada fue *Single Minute Exchange of Die* (SMED). Para su aplicación se documentó la situación actual, identificando actividades internas y externas. Posteriormente, se utilizaron herramientas como el diagrama de Spaghetti y la técnica ECRS (eliminar, combinar, restablecer, simplificar). Además, se optimizaron procesos con la implementación de 5's, eliminando desperdicios asociados a Muri, Mura y Muda. Por último, se validaron los resultados obtenidos y se realizó un análisis costo-beneficio.

Como resultado, el tiempo de cambio de modelo en la máquina Skive 1 se redujo en un 60.64%, generando un ahorro mensual de 10,255.88 pesos. Mientras que para Bihler 2 el tiempo de cambio de modelo se redujo en un 61.89%, con un ahorro mensual de 5,396.22 pesos.

En paralelo, se fortalecieron los pilares de Mantenimiento Autónomo y Educación y Entrenamiento a través de actividades como capacitaciones en SMED y la actualización de estándares. Estas acciones complementarias aseguraron la sostenibilidad y la expansión horizontal del proyecto. Para llevar a cabo este proyecto, se adoptó un enfoque de investigación mixta. El enfoque cualitativo se utilizó para analizar el proceso de cambio de modelo, identificar las mejoras a implementar y determinar los elementos y herramientas indispensables mediante la observación. Por otro lado, el enfoque cuantitativo se centró en el registro de los tiempos de duración de las actividades que componen el proceso de cambio de modelo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivo General	2
1.3. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación del proyecto.....	2
1.5. Hipótesis.....	3
1.6. Alcance del proyecto.....	3
1.7. Limitaciones	3
1.8. Descripción detallada de las actividades	4
1.9. Lugar donde se realizará el proyecto.....	5
1.10. Información sobre la empresa	5
CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA	6
2.1 Fundamentos teóricos	6
2.1.1 Fundamentos del proyecto.....	6
2.1.2 Fundamentos para el desarrollo del proyecto	9
2.2 Filosofía de la empresa	9
2.2.1 Misión	9

2.2.2	Visión.....	10
2.2.3	Valores.....	10
2.2.4	Objetivos	11
2.3	Tecnología actual de la empresa.....	12
CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO		14
3.1	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	14
3.1.1	Antecedentes	14
3.1.2	Definición del TPM	15
3.1.3	Objetivos	16
3.1.4	Las 6 grandes perdidas	17
3.1.5	¿Cuándo se utiliza?	17
3.1.6	Aspectos fundamentales.....	19
3.1.7	Sistema de sugerencias	20
3.1.8	Pilares	20
3.2	SMED	21
3.2.1	Definición de SMED	21
3.2.2	Definición de <i>Kaizen</i>	22
3.2.3	Diagrama de espagueti.....	22
3.2.4	Técnica ECRS.....	23
3.2.5	Muri, Mura y Muda.....	25
3.2.6	Actividades que agregan, semi agregan y no agregan valor	27
3.2.7	Metodología 5's	27
3.2.6	Ergonomía	30
3.2.7	Evaluación costo-beneficio.....	32
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA.....		34
4.1	Enfoque de investigación	34
4.2	Tipo de investigación	35

4.2.1 Investigación Aplicada	35
4.2.2 Investigación de Campo.....	36
4.3 Instrumentos y técnicas de recolección de datos	37
4.3.1 Observación	37
4.3.2 Análisis de documentos.....	38
4.4 Método.....	38
4.4.1 Actualizar estándares, registrar anomalías y participar en capacitaciones al personal de las máquinas Skive 1 y Bhiler 2.	38
4.4.2 Reducir el tiempo de cambio de modelo desarrollando la ruta completa del SMED (Single Minute Exchange of Die) para Skive 1 y Bhiler 2.....	46
4.4.3 Realizar evaluación costo – beneficio comparando el ahorro estimado con el ahorro real obtenido	54
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	57
5.1 Actualizar estándares, registrar anomalías y participar en capacitaciones al personal de máquinas Skive 1 y Bihler 2.....	57
5.1.1 Mantenimiento autónomo	57
5.1.2 Educación y entrenamiento	77
5.2 Reducir el tiempo de cambio de modelo desarrollando la ruta completa del SMED (Single Minute Exchange of Die) para Skive 1 y Bihler 2.	78
5.2.1 Ruta completa del SMED para Skive 1	78
5.2.2 Ruta completa del SMED para Bihler 2	91
5.2.3 Concentrado de resultado de implementación de SMED.....	102
5.3 Realizar evaluación costo-beneficio comparando el ahorro estimado con el ahorro real alcanzado.....	103
5.3.1 Evaluación costo-beneficio Skive 1	103
5.3.2 Evaluación costo-beneficio Bihler 2.....	104
5.3.3 Seguimiento y expansión horizontal.....	105

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
Conclusiones	107
Recomendaciones.....	109
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	110
ANEXOS	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Datos generales de la empresa	5
Tabla 2.Tecnología de la empresa	12
Tabla 3. Cumplimiento de actualización de AM calendar en Skive 1	58
Tabla 4. Cumplimiento de actualización de AM calendar en Bihler 2.....	59
Tabla 5. Clasificación de actividades Skive 1	79
Tabla 6. Actividades de implementación 5's	83
Tabla 7. Clasificación de actividades Bihler 2	92
Tabla 8. Actividades de implementación 5's	97
Tabla 9. Concentrado de resultados	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Cumplimiento de cierre de tarjetas TPM Bihler 2	76
Gráfico 2. Cumplimiento de cierre de tarjetas TPM Skive 1	77
Gráfico 4. Actividades internas y externas Skive 1.....	80
Gráfico 5. Comparativa entre resultados obtenidos del primer y segundo cambio de modelo.....	90
Gráfico 6. Actividades internas y externas Bihler 2.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Imagen satelital de la empresa	5
Ilustración 2. Plataforma operativa (AM Calendar Skive 1)	39
Ilustración 3. Plataforma operativa (<i>AM calendar</i> Bihler 2)	40
Ilustración 4. Diagrama de candadeo Skive 1 sin actualizar	41
Ilustración 5. Diagrama de candadeo Bihler 2 sin actualizar	42
Ilustración 6. Mapa de riesgos Skive 1 sin actualizar	43
Ilustración 7. Mapa de riesgos Bihler 2 sin actualizar	43
Ilustración 8. Tarjetas TPM	44
Ilustración 9. Material de apoyo	45
Ilustración 10. Formato de video analizador	46
Ilustración 11. Formato ECRS	47
Ilustración 12. Formato de cuadro de cambios antes de actualizar	50
Ilustración 13. Costo de producción por hora y ahorros estimados Skive 1	54
Ilustración 14. Costo de producción por hora y ahorros estimados Bihler 2	55
Ilustración 15. Actualización de AM Calendar Skive 1	57
Ilustración 16. Actualización AM calendar Bihler 2	58
Ilustración 17. Comparativa antes y después diagrama de candadeo Skive 1 (parte trasera)	60
Ilustración 18. Comparativa antes y después diagrama de candadeo Skive 1 (tablero de control principal)	61
Ilustración 19. Comparativa antes y después diagrama de candadeo Skive 1 (toma de aire parte trasera)	62
Ilustración 20. Comparativa antes y después diagrama de candadeo Skive 1 (área de soldado)	62
Ilustración 21. Comparación del estándar diagrama de candadeo actualizado con el anterior Bihler 2	63
Ilustración 22. Mapa de riesgos Skive 1	64
Ilustración 23. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (parte delantera)	65

Ilustración 24. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (parte trasera).....	65
Ilustración 25. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (alimentación).....	66
Ilustración 26. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (frente lavadora)	66
Ilustración 27. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (lavadora parte trasera)	67
Ilustración 28. SOP implementado en plataforma de AM calendar	68
Ilustración 29. Levantamiento de tarjetas de anomalías Skive 1	68
Ilustración 30. Anomalías de fuentes de suciedad Skive 1	69
Ilustración 31. Fuente de suciedad No.1 aceitador de guías.....	69
Ilustración 32. Fuente de suciedad No.2 soldador.....	70
Ilustración 33. Fuente de suciedad No.3 alimentación	70
Ilustración 34. Fuente de suciedad No.4 Guías mesa de trabajo.....	71
Ilustración 35. Anomalías lugar de difícil acceso Skive 1	71
Ilustración 36. Difícil acceso No.5 motor principal	72
Ilustración 37. Difícil acceso No.6 motor hidráulico	72
Ilustración 38. Difícil acceso No.7 motor de rodillos	73
Ilustración 39. Difícil acceso No.8 Parte trasera.....	73
Ilustración 40. Difícil acceso No.9 Parte baja de mesa de trabajo	74
Ilustración 41. Difícil acceso No.9 Claveado de máquina.....	74
Ilustración 42. Anomalías de seguridad No.11 intervención en máquina .	75
Ilustración 43. Anomalías de calidad No.12 y No.13 viruta	76
Ilustración 44. Lista de asistencia capacitación.....	78
Ilustración 45. Cambio de modelo primer prueba Skive 1.....	79
Ilustración 46. ECRS resultados Skive 1.....	80
Ilustración 47. Diagrama de <i>spaghetti</i> Skive 1	81
Ilustración 48. Herramientas utilizadas para un cambio de modelo.....	84
Ilustración 49. Herramienta primer cajón.....	84
Ilustración 50. Aplicación de orden comparativa.....	85
Ilustración 51. Ayuda visual en portainsertos	85
Ilustración 52. Comparativa después de limpieza en cajones	86
Ilustración 53. Estándar General de Imagen 5's Skive 1.....	86

Ilustración 54. Instrucciones de limpieza Skive 1	87
Ilustración 55. Cambio de modelo después de implementación SMED	88
Ilustración 56. ECRS segundo cambio de modelo Skive 1.....	89
Ilustración 57. Instrucciones de trabajo Skive 1	90
Ilustración 58. Cambio de modelo primer prueba Bihler 2.....	91
Ilustración 59. ECRS resultados Bihler 2	93
Ilustración 60. Diagrama de spaghetti Bihler 2.....	94
Ilustración 61. Reducción de actividades técnica ERCS	95
Ilustración 62. Actividades paralelas	96
Ilustración 63. Ideas de mejora	96
Ilustración 64. Herramientas utilizadas para un cambio de modelo Bihler 2	98
Ilustración 65. Herramientas utilizadas con mayor frecuencia	98
Ilustración 66. Aplicación de orden comparativa.....	99
Ilustración 67. Comparativa después de limpieza en cajones	99
Ilustración 68. Estándar General de Imagen 5's Bihler 2.....	100
Ilustración 69. Comparación de costos esperados y alcanzados	104
Ilustración 70. Comparación de costos esperados y alcanzados Bihler 2	105
Ilustración 71. Presentación de resultados	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Técnica ECRS Skive 1 primer cambio de modelo	113
Anexo 2. Técnica ECRS Skive 1 segundo cambio de modelo	117
Anexo 3. Instrucciones de trabajo Skive 1.....	121
Anexo 4. Técnica ECRS Bihler 2 primer cambio de modelo	126
Anexo 5. Actividades antes y después de aplicar técnica ECRS	135
Anexo 6. Ideas de mejora	139
Anexo 7. Instrucciones de limpieza Bihler 2.....	141
Anexo 8. Presentación del proyecto	147

INTRODUCCIÓN

El propósito del presente proyecto es desarrollar actividades basadas en la metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total) desde el pilar de mejora enfocada en nuevas máquinas derivadas de la expansión horizontal. Teniendo como objetivo reducir los costos operativos generados por los retrasos en los cambios de modelo los cuales afectan negativamente la producción perjudicando la calidad del producto y los tiempos de entrega, específicamente en las máquinas Skive 1 y Bihler 2. Para abordar esta problemática, se definieron tres objetivos específicos que buscan proporcionar soluciones efectivas. A continuación, se detallan los cinco capítulos que estructuran la realización del proyecto.

CAPÍTULO 1: Este capítulo presenta el planteamiento del problema, junto con el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto. Además, incluye la justificación, el alcance esperado y las limitaciones que podrían influir en los resultados. Finalmente, se proporciona la localización del lugar donde se desarrollará el proyecto, junto con información relevante sobre este.

CAPÍTULO 2: Se presentan los fundamentos de investigaciones previas relacionadas con este proyecto, así como estudios anteriores realizados en el mismo lugar. Además, se detalla la filosofía de la empresa y la tecnología con la que cuenta.

CAPÍTULO 3: Incluye el marco teórico completo, compuesto por los conocimientos necesarios para llevar a cabo la implementación del proyecto.

CAPÍTULO 4: En este apartado se describe la metodología utilizada, especificando el enfoque de investigación, los tipos de investigación empleados y los instrumentos y técnicas aplicados. Asimismo, se detalla el método para alcanzar los objetivos específicos y el general, proporcionando una explicación clara y estructurada de cada uno.

CAPÍTULO 5: Este capítulo está dedicado al análisis e interpretación de los resultados obtenidos a partir de las actividades desarrolladas conforme al cronograma establecido.

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

La empresa KS GLEITAGER MEXICO, S. DE R.L. DE C.V., situada en la Carretera Panamericana Km. 284, en la 2a Fracción de Crespo, de la ciudad de Celaya, perteneciente al sector automotriz, especializada en la fabricación de componentes como bujes y arandelas, enfrenta un desafío significativo que afecta directamente su eficiencia operativa, esto se debe a los retrasos en las actividades durante el proceso de cambio de modelo en las máquinas Skive 1 y Bihler 2.

La máquina Skive 1 forma parte de la línea de preformado, en la cual se colocan las bobinas de materiales como acero, acero-bronce, acero-aluminio y permarglide. En esta etapa, las bobinas se cortan en tiras del ancho requerido y, según el número de parte solicitado, se les agregan o no chaflanes para cada corrida. Posteriormente, estas tiras pasan a la máquina Bihler 2, perteneciente a la línea de formado. Como su nombre lo indica, en esta máquina se da forma al buje; las tiras previamente marcadas se introducen en una prensa encargada de darles la forma cilíndrica característica.

Los retrasos generados durante estos procesos no solo ralentizan el ritmo de producción y ocasionan tiempos muertos, sino que también tienen un impacto adverso en la calidad del producto final. La manipulación inadecuada de las bobinas, herramientas y herramientas necesarios es un factor crítico que contribuye al incremento del *scrap* (material desperdiciado), lo que eleva los costos de producción. Además, esta situación puede llevar a una disminución en la productividad general, ya que es necesario realizar retrabajos para corregir defectos en el material, lo que compromete la capacidad de la empresa para cumplir con los plazos y estándares de calidad exigidos por sus clientes.

1.2. Objetivo General

Reducir los costos de producción mediante la disminución del tiempo de cambio de modelo para máquinas Skive 1 y Bihler 2 desde el pilar de mejora enfocada derivada de la expansión horizontal de TPM.

1.3. Objetivos Específicos

Para la implementación del presente proyecto se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Actualizar estándares, registrar anomalías y participar en capacitaciones al personal de las máquinas Skive 1 y Bihler 2.
- Reducir el tiempo de cambio de modelo desarrollando la ruta completa del SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para Skive 1 y Bihler 2.
- Realizar evaluación costo-beneficio comparando el ahorro estimado con el ahorro real obtenido.

1.4. Justificación del proyecto

La expansión de la metodología TPM y la implementación del SMED en KS GLEITAGER MEXICO representarán una solución efectiva para mejorar la eficiencia operativa y lograr una reducción significativa en los costos de producción. La aplicación del TPM garantizará que todos los equipos operen de manera confiable y eficiente a lo largo del tiempo. Mediante la capacitación continua del personal en prácticas de mantenimiento autónomo y el fomento de una cultura de responsabilidad compartida, se promoverá un entorno de trabajo más seguro y productivo.

Por otro lado, la implementación del SMED será crucial para optimizar los cambios de modelo, un aspecto fundamental para mejorar la flexibilidad y capacidad de respuesta de la empresa. Esta estrategia permitirá reducir de manera significativa los tiempos muertos asociados con la preparación de las máquinas para la producción. Como resultado, no solo se acelerará el proceso productivo, sino que también se generarán importantes ahorros en los costos de operación.

1.5. Hipótesis

Se presenta la hipótesis nula y la hipótesis alterna plateadas sobre el presente proyecto:

- Hipótesis nula: El tiempo de cambio de modelo se disminuye para Skive 1 en un 38% y para Bihler 2 en un 33%.
- Hipótesis alterna: El tiempo de cambio de modelo no se disminuye para Skive 1 en un 38% y para Bihler 2 en un 33%.

1.6. Alcance del proyecto

El presente proyecto se llevará a cabo en la empresa KS GLEITLAGLER MEXICO, específicamente en el área de producción, dentro del departamento de Mejora Continua. El enfoque principal del trabajo estará dirigido a las líneas de formado y preformado, las cuales son fundamentales para el proceso de fabricación de bujes, un componente esencial en diversas aplicaciones industriales.

Para alcanzar los objetivos establecidos, se trabajará de manera particular en dos máquinas; Skive 1 y Bihler 2. Estas máquinas son clave en el proceso productivo, ya que desempeñan un papel crítico en la conformación y el acabado de los bujes, asegurando tanto la precisión como la calidad en cada etapa de su fabricación.

1.7. Limitaciones

Para llevar a cabo el presente proyecto se identifican las siguientes limitaciones:

- Resistencia al cambio o falta de compromiso por parte de los operarios.
- Retraso de la ejecución del proyecto por falta de disponibilidad inmediata de recursos como personal, material para pruebas, herramental y herramientas.
- Rotación del personal de manera frecuente, al tener la empresa dos turnos de trabajo.

- Tiempo limitado de 5 meses para llevar a cabo la implementación del proyecto y el análisis de los resultados.

1.8. Descripción detallada de las actividades

Para alcanzar cada uno de los objetivos planteados, es necesario realizar diversas actividades. A continuación, se detallan las acciones correspondientes para cada objetivo.

- Actualizar estándares, registrar anomalías y participar en capacitaciones al personal de las máquinas Skive 1 y Bihler 2.
 1. Actualizar *AM calendar*.
 2. Revisar y levantar tarjetas de anomalías.
 3. Participar en capacitaciones de SMED.
- Reducir el tiempo de cambio de modelo desarrollando la ruta completa del SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para Skive 1 y Bihler 2.
 4. Documentar elementos actuales tomando video de la realización de un cambio de modelo.
 5. Separar actividades internas y externas.
 6. Cambiar actividades internas a externas, aplicar diagrama de *Spaghetti* y técnica ECRS (eliminar, combinar, restablecer y simplificar).
 7. Localizar actividades paralelas.
 8. Optimizar actividades internas y externas, aplicar 5's eliminando Muri, Mura, Muda.
 9. Implementar el plan y ECRS.
 10. Validar el procedimiento, verificar resultados reducción total del cambio de modelo contra objetivo.
 11. Documentar el procedimiento y estandarizar.
- Realizar análisis costo beneficio comparando el ahorro estimado con el ahorro real obtenido.
 12. Evaluación costo-beneficio.
 13. Seguimiento y expansión horizontal.

1.9. Lugar donde se realizará el proyecto

En la Ilustración 1, muestra una vista satelital de la empresa: KS GLEITAGER MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.



Ilustración 1. Imagen satelital de la empresa

Fuente:

<https://www.google.com/maps/place/Ks+Gleitlager+De+M%C3%A3%C2%A9xico,+S.+De+R.L.+De+C.V./@20.518291,100.8461306,522m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x842cbafe924128f1:0xab9b615520d1f3d6!8m2!3d20.5183127!4d-100.8447308!16s%2F1tm8f9j2?entry=ttu>

1.10. Información sobre la empresa

En la Tabla 1, se muestran los datos más importantes de la empresa, entre ellos, el giro y el RFC de la empresa.

Tabla 1. Datos generales de la empresa

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA	
Nombre:	KS GLEITAGER MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.
Giro:	Automotriz
Domicilio:	Carretera Panamericana Km. 284 · 2a Fracción de Crespo · Celaya · Guanajuato México
Teléfono:	52 461 1503382
E-mail:	karina.reynoso@rheinmetall-americas.com
RFC:	KGM110729DTA
Nombre del contacto:	Karina Reynoso

Fuente: ITESS

CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Fundamentos teóricos

2.1.1 Fundamentos del proyecto

Anaya Vega (2020) diseñó una propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento total TPM para la Empresa Colombiana de Cementos S.A.S., en la región de Río Claro – Antioquia. Como primer paso, se elaboró un marco teórico que sirviera de referencia sobre el TPM. Posteriormente, se realizó un diagnóstico de la situación actual del proceso de producción y mantenimiento dentro de la empresa. Con base en el análisis de estos datos, se planteó una propuesta de implementación, aplicando cada uno de los pilares del TPM y elaborando un plan de acción para su ejecución. En primera instancia, se aplicó una encuesta al personal de la empresa para diagnosticar el nivel de conocimiento sobre los ocho pilares que conforman el TPM. Se identificó que este nivel estaba por debajo de la meta establecida para cada pilar, por lo que se definió un plan de intervención de 12 pasos, dividido en cuatro fases: introducción, lanzamiento, implementación y consolidación. Las fases de introducción y lanzamiento abarcan los primeros seis pasos, en los cuales se lleva a cabo una campaña de divulgación de la metodología mediante capacitaciones. En la fase de implementación, se verifica que las políticas de la empresa estén alineadas con los objetivos del modelo TPM, garantizando así el éxito del proceso. Estas políticas se ajustan con base en cada uno de los pilares que conforman el TPM. Finalmente, en la fase de consolidación, se definen las actividades correspondientes a cada pilar, asignando responsables y estableciendo la frecuencia con la que se llevarán a cabo. Además, se implementa un sistema de registros para el análisis posterior de los datos.

Cardenas Rimari y Gonzales Pariona (2023), en su trabajo de suficiencia profesional para la obtención del título de ingeniero industrial, establecieron un modelo de Lean Manufacturing y TPM para la gestión de la producción, bajo un enfoque basado en las herramientas CAPDO, 5S, estandarización del trabajo y SMED, con el objetivo principal de incrementar la eficiencia general de los

equipos en la línea de producción de alimentos. El estudio se enfocó en productos como avena, conservas de pescado, harinas, mermeladas, pastas, premezclas y confiterías. El proyecto se centró en la línea Mazzetti, donde se emplean materias primas como chocolate y cereales. La aplicación de la metodología 5S mejoró el orden y la limpieza en el área de trabajo, optimizando el espacio disponible para el personal. La estandarización del trabajo permitió reducir las interrupciones en la producción debido a labores de limpieza, ya que se identificó una alta variabilidad en los tiempos destinados a esta actividad. Para abordar esta problemática, se propuso un nuevo Diagrama de Actividades del Proceso (DAP) para cada zona de trabajo. Asimismo, se implementó la herramienta SMED para reducir los tiempos de cambio de formato (*set-up*), mediante el análisis de la secuencia de actividades y la conversión de actividades internas en externas. Finalmente, el pilar de Mejora Focalizada de TPM permitió disminuir los tiempos de inicio y término de producción mediante la automatización de ciertos procesos. Además, el pilar de Educación y Entrenamiento de TPM desempeñó un papel clave al gestionar capacitaciones teóricas y prácticas para el personal involucrado.

Valdez Ramirez (2021) implementó la metodología SMED en una fábrica automotriz con el objetivo de optimizar los tiempos de cambio de herramental, un factor crítico en los procesos de manufactura. Esta metodología, cuyo propósito principal es reducir los tiempos improductivos, permitió identificar diversas áreas donde se generaban tiempos muertos y desperdicios en la línea de producción. Una vez detectadas estas ineficiencias, se procedió a su eliminación o reducción, según el caso, con el fin de maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles, tanto humanos como materiales. El desarrollo del proyecto se centró en dos máquinas fundamentales dentro del proceso productivo: la cortadora 50 y la OMCG. Estas máquinas fueron seleccionadas debido a que las estaciones de trabajo en las que operan presentaban los mayores problemas durante los cambios de herramental, lo que impactaba negativamente en la eficiencia general de la producción. La implementación de SMED en estas máquinas permitió mejorar los tiempos de respuesta y reducir las interrupciones en la producción, optimizando así los procesos y contribuyendo a la mejora continua dentro de la fábrica.

Dávila Campos (2021) desarrolló la implementación de SMED con el objetivo de reducir los tiempos de recambio y calibración en una máquina dedicada a la elaboración de sobres de papel. Se identificó que la mayor variabilidad en los tiempos de recambio ocurría en la etapa de conformado de sobres, la cual se lleva a cabo en la máquina W26G. Por ello, se propuso la aplicación de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio de formado en un 20%, dado que el tiempo promedio registrado era de 6 horas. Para la implementación de SMED, se establecieron cinco etapas. En la primera etapa, se realizó un análisis de la situación actual mediante un estudio de tiempos, con el fin de obtener un tiempo estándar de cambio. En la segunda etapa, se clasificaron las actividades en internas y externas, identificando que todas eran internas, ya que se llevaban a cabo con la máquina apagada. En la tercera etapa, se evaluó la posibilidad de convertir actividades internas en externas. Para ello, se utilizó un diagrama de causa y efecto, lo que permitió plantear mejoras a corto, mediano y largo plazo. Posteriormente, en la cuarta etapa, se implementaron las mejoras propuestas. Finalmente, en la quinta etapa, se analizaron los resultados obtenidos tras los cambios realizados, con el propósito de estandarizar el proceso.

Torres Marquina (2021) elaboró una tesis en la empresa PROTISA Perú, específicamente en el área de rollos para la línea 120. Este trabajo se enfocó en optimizar las demoras identificadas durante los cambios de formato o producto en las líneas de producción del área de conversión de rollos. Para ello, se decidió implementar la metodología SMED. La empresa cuenta con cuatro líneas de producción, las cuales reciben una programación mensual por parte del área de planificación, determinando los cambios de formato o producto en función de la demanda del mercado. Sin embargo, este proceso generaba tiempos ineficaces, ya que requería la interrupción parcial o total de la producción, dependiendo del caso. Con la implementación de SMED, se buscó reducir el tiempo de cambio a menos de 30 minutos en el departamento de conversión de rollos, con el objetivo de incrementar la flexibilidad de producción y permitir un mayor número de cambios sin afectar la eficiencia de las líneas. Posteriormente, se esperaba la

estandarización del proceso, definiendo las actividades a realizar y asignando responsables para cada una de ellas.

2.1.2 Fundamentos para el desarrollo del proyecto

En la empresa KS GLEITLAGER se desarrolló previamente el proyecto “Implementación de la metodología TPM desde el pilar de Mejora Enfocada en las líneas piloto Post y Bihler 4” en el área de producción, desde el departamento de mejora continua. Este proyecto se llevó a cabo en dos de las máquinas encargadas de la fabricación de bujes, con el objetivo de maximizar el tiempo y rendimiento de las máquinas y evitar paros prolongados de producción ocasionados por los cambios de modelo.

La implementación de los pasos de la metodología TPM permitió identificar los problemas generados en las líneas Bihler 4 y Post, mediante el uso de diagramas de Pareto y el análisis de costos de producción. Posteriormente, se plantearon propuestas de mejora, que incluyeron la implementación de la técnica SMED como solución para las actividades de cambio de modelo. Para esto, se utilizó el video analizador, la técnica ECRS, el diagrama de espagueti y la aplicación de la metodología 5S.

Como resultado, se logró una reducción significativa en los tiempos de cambio de modelo y un ahorro considerable en los costos de producción. Debido a estos logros, se tomó la decisión de expandir el proyecto de manera horizontal, aplicándolo a máquinas de formado y preformado, con el objetivo de replicar y escalar los beneficios obtenidos.

2.2 Filosofía de la empresa

2.2.1 Misión

Crear valor para sus accionistas, clientes, nuestros colaboradores, proveedores y comunidad.

Crear valor:

Cumplir con las expectativas pertinentes de las partes interesadas.

2.2.2 Visión

Ser la mejor planta de la división de Power Systems del grupo Rheinmetall en términos de EBIT-ROS.

A través de

Crecimiento sostenido en ventas:

- Incremento en ventas por arriba del 5%

Finanzas sanas:

- Reducción de *Working Capital*.
- Nivel óptimo de inventarios.
- Mantener bajo control los *Overdues*.

2.2.3 Valores

La empresa KS GLEITAGER se representa por la práctica de los siguientes valores:

- Modelo a seguir (congruencia): Predicamos con el ejemplo demostrando con hechos lo que decimos con palabras. Tratamos a los demás como nos gustaría ser tratados.
- Responsabilidad: Demostramos responsabilidad asumiendo riesgos manejables y actuando de manera consistente. Cumplimos con lo comprometido en los tiempos acordados.
- Colaboración: Nos apoyamos mutuamente, nos cuidamos unos a otros y nos tratamos de manera justa y comprensiva para alcanzar en conjunto los objetivos de la organización.
- Confiabilidad: Cumplimos lo que prometemos. Tomamos decisiones juntos y confiamos en la responsabilidad, compromiso de cada individuo.
- Apreciación (respeto): Nos tratamos con respeto, mostrando atención y consideración independientemente de la jerarquía y los puntos de vista.
- Aprender de los errores: Aceptamos los errores. Los vemos como una oportunidad para mejorar y aprender de ello. Cada retroalimentación es deseada y aceptada.
- Orientación a objetivos: Acordamos objetivos juntos y nos esforzamos por alcanzarlos como equipo. Los objetivos de nuestra compañía están por encima de los equipos o departamentos.

- Voluntad de cambio: Promovemos la flexibilidad, la innovación, la transformación y la mejora continua.
- Honradez: Respetar las cosas ajenas, no tomamos las pertenencias ajenas sin previa autorización del dueño. Si encuentro algo que no es mío lo devuelvo.
- Apertura: Nuestra comunicación interna y externa es abierta y transparente, no ocultamos los problemas manteniendo la confidencialidad de la información sensible.

2.2.4 Objetivos

KS GLEITAGER cuenta con los siguientes objetivos integrales para 2024:

- Seguridad: Accidentes = 0.
- Implementación de ISO 45001: Certificación (Septiembre).
- Implementación de ISO 50001: Certificación (Septiembre).
- Satisfacción de personal: ≥ 4.2 puntos.
- Calidad externa: ≤ 5 PPM's; ≤ 2 reclamaciones mensuales.
- Entregas: $\geq 99.8\%$
- Lanzamiento de nuevos productos: PPAP presentado en tiempo y aprobado, 0 reclamos.
- EBIT: $\geq$ Al presupuesto.
- Residuos no reciclados: ≤ 9.5 Kg / Persona por mes.
- Consumo de energía eléctrica:
 - Formado
 - Enero-Abril ≤ 33 Kwh / 1,000 pz.
 - Mayo-Diciembre ≤ 32 Kwh / 1,000 pz.
 - Sinterizado ≤ 2.90 Kwh / m.
- Consumo de agua:
 - Formado ≤ 36 litros / 1,000 pz.
 - Aceros ≤ 455 litros / 1,000 pz.
 - Sinterizado $\leq 2,095$ litros / 1,000 pz.
- Costo de calidad: ≤ 5.5 %
- Eficiencia:
 - Formado ≥ 72 %

Arandelas

Enero-Junio $\geq 55\%$

Julio-Septiembre $\geq 60\%$

Octubre-Diciembre $\geq 65\%$

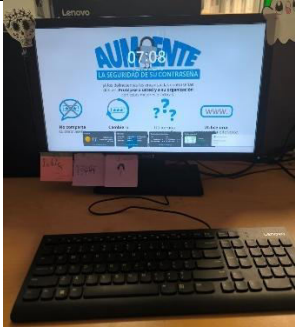
Sinterizado $\geq 88\%$

2.3 Tecnología actual de la empresa

En la Tabla 2, se muestra la tecnología con la que se cuenta actualmente en la empresa y que fue con la que se desarrolló el proyecto.

Tabla 2. Tecnología de la empresa

Equipos	Imagen	Descripción
Skive 1		La máquina se encarga de realizar el chaflanado de las tiras que han sido previamente cortadas en el Slitter. Su función principal es llevar a cabo el proceso de rebajado o corte de las aristas de las tiras, asegurando que se ajusten a los requerimientos específicos. Además, esta máquina también puede realizar ajustes en el espesor de las tiras, según las especificaciones necesarias para el proceso productivo.
Bihler 2		La máquina se encarga del proceso de fabricación de bujes, iniciando con su paso a través de una lavadora que utiliza agua y jabón para limpiar las piezas. Posteriormente, los bujes continúan hacia una etapa de secado, donde se eliminan

		completamente los residuos de humedad.
Computadora		Es utilizada para la realización de diversos documentos de apoyo, así como para la utilización de diversas plataformas y programas entre ellas teams, Office, etc.
Software		
Office (2020)	Empleada en la creación de diversos documentos como material de apoyo, o registro de datos.	
Plataforma operativa	Plataforma perteneciente a la empresa en la que se registra y actualizan datos del proceso productivo, como levantamiento de tarjetas de anomalías, piezas producidas, paros planeados, entre otros.	
Teams	Utilizada para el control y almacenamiento de todos los documentos de la empresa, así como para la realización de reuniones virtuales.	

Fuente: propia

CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO

3.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

3.1.1 Antecedentes

El Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés: *Total Productive Maintenance*) tiene sus orígenes en los Estados Unidos, donde diversas organizaciones del sector manufacturero comenzaron a implementar estrategias sistemáticas de mantenimiento preventivo con el objetivo de minimizar las fallas operativas, evitar paros no programados y reducir la necesidad de intervenciones correctivas de emergencia. Posteriormente, en el periodo de posguerra, durante la fase de reconstrucción industrial de Japón, numerosos ingenieros y directivos japoneses realizaron visitas técnicas a estas plantas estadounidenses con el fin de estudiar sus metodologías y adaptarlas al contexto de la industria japonesa, dando lugar a un modelo más estructurado e integral de gestión del mantenimiento (Socconini, 2019).

Fue en Nippondenso, empresa subsidiaria de Toyota y proveedora de autopartes, donde se implementaron por primera vez los principios del Mantenimiento Productivo Total (TPM) involucrando activamente a todos los niveles de la organización, y no exclusivamente al personal especializado en mantenimiento. Esta iniciativa se centró en promover la responsabilidad directa de los operadores sobre el mantenimiento y conservación de los equipos que utilizaban, fomentando así una cultura de mejora continua y corresponsabilidad operativa. Como resultado de esta innovadora práctica, en 1971 Nippondenso fue reconocida con el Premio a la Planta Más Distinguida, otorgado por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas. Ese mismo año, Seiichi Nakajima documentó formalmente el proceso de implementación del TPM, así como los pilares que lo conforman. Posteriormente, en 1987, el sistema regresó a su país de origen cuando la empresa Kodak se convirtió en la primera compañía estadounidense en adoptarlo, cerrando así el ciclo histórico de esta metodología (Socconini, 2019).

3.1.2 Definición del TPM

TPM, sigla de "Total Productive Maintenance" (Mantenimiento Productivo Total), es una metodología originada en Japón durante la década de 1970, concebida como una respuesta a la necesidad de mejorar la calidad de los productos y servicios. Fue desarrollada con el propósito de optimizar la eficiencia operativa y maximizar la disponibilidad de los equipos, integrando a todos los niveles de la organización en la gestión y mantenimiento preventivo (Tavares, 2000).

El concepto fundamental del TPM se basa en "la reformulación y mejora de la estructura organizacional mediante la reestructuración y optimización de las personas y los equipos". Promueve un cambio significativo en la postura organizacional hacia la mejora continua y la responsabilidad compartida en la gestión del mantenimiento y la operación eficiente (Tavares, 2000).

El Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés *Total Productive Maintenance*) es un enfoque sistemático que integra un conjunto de técnicas orientadas a eliminar fallas y averías en los equipos mediante la participación y la motivación de todo el personal. Su principio fundamental radica en que la mejora continua y el adecuado mantenimiento de los activos productivos son responsabilidad compartida por todos los niveles de la organización, desde la alta dirección hasta el personal operativo auxiliar (Hernández Matías y Vizán Idoipe, 2013).

Mediante el TPM se trata de racionalizar la gestión de los equipos involucrados en los procesos productivos, con el fin de optimizar su rendimiento y maximizar la productividad del sistema en su conjunto. Para lograrlo, el TPM se enfoca en el cumplimiento de objetivos estratégicos, empleando herramientas y metodologías adecuadas que permiten mejorar la eficiencia operativa, reducir fallos y aumentar la disponibilidad de los activos productivos (Lefcovich, 2009).

1.1.3 Objetivos

Según Lefcovich (2009), los objetivos fundamentales del TPM se centran en la eliminación de las denominadas “seis grandes pérdidas”, las cuales están directa o indirectamente asociadas al desempeño de los equipos y generan una disminución significativa en la eficiencia del sistema productivo. Estas pérdidas se agrupan en tres categorías principales:

- Tiempos muertos o de paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad nominal de los equipos.
- Producción de unidades defectuosas o malfuncionamiento de las operaciones durante el proceso.

El objetivo inmediato del Mantenimiento Productivo Total (TPM) es la eliminación total de las pérdidas en el proceso productivo. Alcanzar este propósito implica lograr cero fallas y cero defectos de calidad, lo cual se traduce en una mayor efectividad de los equipos, reducción significativa de costos operativos e incremento sostenido de la productividad (Pascual, 2002).

Acorde a Pascual (2002), el TPM persigue los siguientes objetivos fundamentales:

- Minimizar el tiempo de puesta en operación de los equipos.
- Aumentar la disponibilidad mediante el incremento del tiempo productivo efectivo.
- Prolongar la vida útil de los equipos.
- Involucrar a los usuarios directos en las tareas de mantenimiento, con el apoyo especializado.
- Aplicar de manera equilibrada estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Optimizar la mantenibilidad de los equipos desde el diseño y la operación.

A nivel operativo, el TPM promueve que cada operador asuma la responsabilidad sobre sus máquinas, ejecutando tareas básicas como limpieza lubricación, inspección visual y reporte de anomalías. Asimismo, impulsa la conformación de pequeños grupos de trabajo enfocados en la identificación de

problemas, la generación de mejoras y la consolidación de una visión compartida entre mantenimiento y gestión empresarial (Pascual, 2002).

3.1.4 Las 6 grandes pérdidas

La filosofía del TPM se enfoca en la eliminación de los seis tipos de pérdidas que afectan negativamente la eficiencia operativa. Para evaluar el rendimiento de una máquina durante un turno laboral, se determina inicialmente su "Tiempo de Carga", que corresponde al tiempo máximo disponible para la producción en dicho turno. A partir de este tiempo, al descontar las pérdidas derivadas de paradas por fallos y cambios de línea o ajustes de herramientas (conocidas como "pérdidas por parada"), se obtiene el "Tiempo de Operación", es decir, el periodo en el cual la máquina está disponible y capacitada para llevar a cabo la producción efectiva (Tavares, 2000).

Pascual (2002) menciona que la mejora de la efectividad global de los equipos se logra mediante la eliminación de las denominadas "Seis Grandes Pérdidas" las cuales afectan directamente la eficiencia operativa:

1. Fallas del equipo, que producen pérdidas de tiempo inesperadas.
2. Puesta a punto y ajustes, tiempos improductivos requeridos al iniciar operaciones, cambiar herramientas o realizar ajustes.
3. Paradas menores y esperas: interrupciones breves causadas por sensores, acumulación de materiales, bloqueos o descoordinaciones.
4. Reducción de velocidad: operación a una velocidad inferior a la diseñada, disminuyendo el rendimiento del equipo.
5. Defectos del proceso: retrabajos o reprocesos derivados de fallas de calidad o tareas incompletas.
6. Pérdidas en el arranque: ineficiencias durante las fases iniciales de un proceso, como pruebas o marchas en blanco.

3.1.5 ¿Cuándo se utiliza?

El TPM se aplica con el objetivo de garantizar que las plantas, máquinas, equipos e instalaciones incluidos los sistemas de transporte y manejo de materiales se mantengan en condiciones óptimas de funcionamiento. Esta metodología busca maximizar la eficiencia operativa mediante el cuidado integral

de los activos productivos, asegurando su disponibilidad, confiabilidad y rendimiento a lo largo del tiempo (Socconini, 2019).

Una de las situaciones en las que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) resulta particularmente útil es cuando se identifica que tanto el personal operativo como el de mantenimiento carecen de la preparación adecuada para desempeñar sus funciones de manera óptima. La falta de conocimiento y capacitación es una de las causas fundamentales de un mantenimiento deficiente y una operación ineficaz, lo cual impacta negativamente en la confiabilidad de las operaciones y, por ende, en el desempeño general de la empresa (Socconini, 2019).

Tavarres (2000) señala que el TPM promueve un entorno de trabajo en el que el Hombre, la Máquina y la Empresa trabajan siempre bajo objetivos comunes. Según el *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM, Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta), la implementación del TPM genera efectos tangibles como:

- Aumento de la productividad por valor agregado de 1.5 a 2 veces.
- Reducción de defectos en el proceso con una mejora de 10:1.
- Disminución de reclamos de clientes de 4:1.
- Reducción de los costos de producción en un 30%.
- Disminución del almacenamiento de productos de hasta el 50%.
- Alcance del objetivo de cero accidentes y cero contaminaciones.

Además, Tavares (2000) destaca efectos intangibles en el factor humano, como:

- Control autónomo de equipos ("Jishu Hozen"): promoviendo que cada operador se responsabilice del cuidado de su equipo.
- Estímulo de la confianza en sí mismo: mediante la política de "ejecutando se consigue", reduciendo fallas y defectos.
- Desarrollo del "sentido de responsabilidad": a través de la aplicación de las "5S", se promueve un enfoque sistemático que mejora la organización, limpieza y disciplina dentro del entorno de trabajo.

- Creación de un ambiente de trabajo salubre: se contribuye a un entorno limpio y seguro, eliminando residuos de lubricantes y otras suciedades, lo que promueve la salud y el bienestar de los empleados.
- Imagen positiva para la empresa: una planta limpia y organizada proyecta una imagen positiva ante visitantes, lo que puede generar nuevas oportunidades comerciales.

3.1.6 Aspectos fundamentales

Lefcovich (2009) señala que el TPM emplea diversos sistemas de gestión orientados a establecer un mantenimiento eficiente, tanto en la fase de diseño como en la operación de los equipos, con el propósito de minimizar las pérdidas asociadas a los sistemas productivos. Entre los medios fundamentales utilizados se encuentran:

- Mantenimiento básico y de prevención de averías desde el propio puesto de trabajo, ejecutado por el operario.
- Gestión de mantenimiento preventivo y correctivo optimizada.
- Conservación continua de los equipos, prolongando su vida útil.
- Mejora constante del funcionamiento y rendimiento de los equipos.
- Formación técnica del personal de producción y mantenimiento en el uso, operación y cuidado de los equipos.

El TPM representa un nuevo enfoque en la gestión del mantenimiento, basado en la participación activa de todos los niveles organizativos mediante la integración de pequeños grupos de trabajo. Este modelo implica:

- Compromiso de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios.
- Inclusión plena de todos los colaboradores para alcanzar objetivos comunes.
- Desarrollo de una cultura corporativa enfocada en la EFICACIA GLOBAL: Producción + Gestión de equipos.
- Implantación de un sistema de gestión proactivo que permita anticipar pérdidas y alcanzar los objetivos de Cero Defectos, Cero Averías y Cero Accidentes.

- Aplicación del mantenimiento preventivo como eje central, apoyado por el mantenimiento autónomo.
- Integración de la gestión en áreas de producción, diseño, desarrollo, ventas y dirección (Lefcovich, 2009).

3.1.7 Sistema de sugerencias

El sistema de sugerencias constituye un componente esencial del *Kaizen* orientado al individuo, y promueve la participación activa del personal como medio para fortalecer el compromiso organizacional y elevar el estado de ánimo. Su objetivo principal no es obtener grandes beneficios económicos por cada propuesta, sino fomentar una cultura de mejora continua mediante el desarrollo de empleados con mentalidad *Kaizen* y altos niveles de autodisciplina (Lefcovich, 2009).

3.1.8 Pilares

Según Mora Gutierrez (2009), el TPM se desarrolla desde ocho pilares esenciales que conforman su estructura y aplicación práctica:

- Pilar de mejora enfocada: engloba una serie de tareas realizadas por grupos de trabajo, cuyo propósito es optimizar la efectividad de equipos, plantas y procesos. Este pilar centra su esfuerzo en eliminar cualquiera de las 16 pérdidas comunes en las organizaciones.
- Pilar de mantenimiento autónomo: promueve la participación activa del personal operativo y de producción en el mantenimiento. Los trabajadores realizan tareas de bajo y mediano nivel tecnológico, como limpieza, inspección o lubricación, asegurando además que el área de trabajo se mantenga en condiciones óptimas.
- Pilar de mantenimiento planeado: consiste en acciones de mantenimiento predictivo, preventivo y de mejora continua. El objetivo es evitar fallas en los equipos y garantizar su disponibilidad en los procesos de producción.
- Pilar de capacitación y entrenamiento: establece políticas para que todos los empleados, especialmente los vinculados a la ingeniería de fábricas, estén permanentemente educados, motivados y actualizados. Esto

asegura que el personal conozca el funcionamiento de los equipos, su influencia en la calidad de los productos, y cuente con las competencias necesarias para resolver problemas eficazmente.

- Pilar mantenimiento de calidad: tiene como meta mantener condiciones funcionales óptimas en los equipos, evitando que cualquier desviación técnica afecte la calidad de los productos, especialmente en los momentos críticos del arranque y operación de las máquinas.
- Pilar gestión temprana de equipos: abarca actividades desde el diseño hasta la puesta en marcha de los equipos. Busca asegurar que los procesos operen con la máxima calidad, elevando así la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas desde sus primeras fases de uso.
- Pilar seguridad, salud y medio ambiente: mediante herramientas como las 5S y el mejoramiento continuo, este pilar se enfoca en la prevención de riesgos laborales, la promoción de condiciones higiénicas adecuadas y la conservación del entorno ambiental. Su objetivo es que todo el personal esté capacitado para prevenir accidentes y mantener espacios de trabajo seguros y saludables.
- Pilar mantenimiento en las áreas administrativas: se enfoca en optimizar las áreas de soporte logístico, producción y mantenimiento. Utiliza herramientas como ADT, LDT y otras metodologías para minimizar pérdidas administrativas y mejorar la eficiencia en los procesos de apoyo indirecto.

3.2 SMED

3.2.1 Definición de SMED

Las letras SMED significan “Single Minute Exchange of Die” y se refiere al hecho de efectuar el cambio de herramienta (dado, molde, modelo etc.) en un número de minutos que se exprese en un solo dígito, es decir, nueve minutos o menos. Fue desarrollada y difundida por Shigeo Shingo, al principio de los años setenta, en la empresa Toyota (Olavarrieta de la Torre, 1999).

Tratar de implementar el ritmo de trabajo y el adiestramiento de los operarios manteniendo al mismo tiempo la desorganización, no es en lo absoluto

el camino correcto. La única solución eficaz es seguir rigurosa metodología que realice con detalle todos los aspectos implicados en el cambio de serie que, además, los simplifique y organice (Alonso García, 1998).

3.2.2 Definición de *Kaizen*

El término *Kaizen* proviene del japonés y significa “cambio para mejorar”, derivado de las palabras *KAI* (cambio) y *ZEN* (bueno). Más allá de su significado literal, *Kaizen* representa una filosofía de mejora continua basada en el cambio progresivo y sostenido en todos los niveles de la organización. Implica una transformación en la actitud del personal, promoviendo una cultura organizacional orientada a la optimización constante mediante la participación activa, el aprovechamiento de las capacidades individuales y el compromiso colectivo con la mejora. Esta mentalidad es un factor clave para el éxito y sostenibilidad de los sistemas de gestión (Hernández Matías y Vizán Idoipe, 2013).

3.2.3 Diagrama de espaguetti

El diagrama de espaguetti es una herramienta visual utilizada en manufactura para analizar y mejorar la eficiencia de los procesos productivos. Se centra en mapear los desplazamientos de operadores, materiales y herramientas dentro de una planta. Los movimientos innecesarios generan costos ocultos y afectan la productividad. Este método permite identificar rutas ineficientes, acumulación de desperdicios y oportunidades de optimización (Smith, 2021).

El diagrama ayuda a reducir *Muda* (desperdicio), disminuyendo tiempos de traslado y reorganizando estaciones de trabajo para mejorar el flujo de producción. También es clave en la metodología *Lean Manufacturing*, al eliminar actividades sin valor agregado mediante la reubicación estratégica de herramientas y materiales puede minimizar desplazamientos innecesarios, aumentando la eficiencia operativa. Además, recomienda complementar el

análisis con técnicas como ECRS (Eliminar, Combinar, Reorganizar, Simplificar) para mejorar aún más la productividad (Smith, 2021).

El diagrama de espagueti es una herramienta clave dentro de Lean Six Sigma para analizar y mejorar la eficiencia operativa en entornos de manufactura se utiliza para visualizar el flujo de movimiento de materiales, operarios y herramientas dentro de una planta de producción. Este diagrama se emplea para identificar desperdicios relacionados con desplazamientos innecesarios, tiempos muertos y trayectorias ineficientes. Al mapear estos movimientos en un esquema visual, se pueden detectar patrones que afectan la productividad y el rendimiento de la línea de producción. Este se alinea con los principios de *Lean Manufacturing*, ya que busca minimizar los desperdicios (Muda), mejorar la ergonomía del trabajo y reducir los costos operativos. Su implementación permite reconfigurar la distribución del área de trabajo para optimizar el flujo de producción (Ries, 2022).

Para lograr mejoras efectivas, se sugiere aplicar el principio ECRS (Eliminar, Combinar, Reorganizar y Simplificar), con el fin de reducir recorridos innecesarios y mejorar la accesibilidad de materiales y herramientas. Asimismo, recomienda integrar este análisis con metodologías como 5S y *Kaizen*, que ayudan a mantener el orden y la eficiencia en el espacio de trabajo. Al reducir los desplazamientos innecesarios, se disminuye la fatiga del personal y se mejora la seguridad laboral, lo que a su vez incrementa la productividad general. Además, puede utilizarse en conjunto con estudios de tiempos y movimientos, fortaleciendo la toma de decisiones basadas en datos (Ries, 2022).

3.2.4 Técnica ECRS

La técnica ECRS es una herramienta fundamental para eliminar desperdicios y aumentar la eficiencia dentro de los procesos productivos. Esta técnica se enfoca en analizar detalladamente cada actividad o tarea con el fin de optimizarla, siguiendo cuatro principios clave: Eliminar (*Eliminate*), Combinar (*Combine*), Reorganizar (*Rearrange*) y Simplificar (*Simplify*) (Santos, Wysk y Torres, 2010).

Primero, Eliminar invita a cuestionar si una tarea realmente aporta valor al producto o al cliente. Si no es esencial, debe eliminarse del proceso. Luego, Combinar busca unificar actividades o pasos que puedan realizarse simultáneamente, reduciendo tiempos y esfuerzo. El tercer principio, Reorganizar, propone cambiar el orden de ejecución o la disposición física de los elementos para facilitar el flujo y reducir desplazamientos innecesarios. Finalmente, Simplificar se centra en rediseñar tareas para hacerlas más sencillas, intuitivas o menos demandantes (Santos et al., 2010).

Aplicar ECRS permite identificar y reducir los siete desperdicios clásicos del *Lean* (sobreproducción, esperas, transporte, exceso de inventario, movimiento innecesario, sobreprocesamiento y defectos). Esta técnica es especialmente útil en áreas como distribución de planta, operaciones manuales y análisis de procesos administrativos. Además, se resalta que ECRS no solo mejora la eficiencia, sino que también contribuye a la seguridad del trabajador y a la estandarización de los procesos, facilitando la capacitación y el mantenimiento de la calidad. Su aplicación debe apoyarse en la observación directa y en el trabajo colaborativo, involucrando a quienes ejecutan las tareas en el análisis y rediseño de estas (Santos et al., 2010).

Se presenta la técnica ECRS como una herramienta esencial dentro del enfoque de mejora continua para aumentar la eficiencia y reducir desperdicios en los procesos productivos. Esta técnica se basa en analizar sistemáticamente cada tarea o actividad con el objetivo de hacerla más eficiente, siguiendo cuatro acciones clave: Eliminar, Combinar, Reordenar y Simplificar (Rajadell Carreras, 2021).

Rajadell Carreras (2021) menciona que la metodología ECRS se compone de cuatro acciones fundamentales que buscan optimizar procesos de manera eficiente y sistemática. El primer principio, Eliminar, invita a realizar un análisis crítico de cada actividad dentro del flujo de trabajo, cuestionando su verdadera necesidad y su contribución al valor que recibe el cliente. Aquellas actividades que no generen valor agregado deben ser eliminadas del proceso, con el fin de

reducir desperdicios y aumentar la eficiencia general. En segundo lugar, Combinar implica identificar tareas que puedan ejecutarse de forma conjunta o paralela. Al fusionar actividades compatibles, es posible disminuir los tiempos de operación, optimizar la utilización de recursos y simplificar la administración de las labores. Esta acción permite agilizar los procesos sin comprometer la calidad de los resultados. La tercera acción, Reordenar, plantea la reorganización de la secuencia o la disposición física de las actividades, buscando facilitar un flujo de trabajo más lógico, continuo y eficiente. Mediante el reordenamiento adecuado se minimizan los desplazamientos innecesarios, se reducen los tiempos de espera y se favorece una mayor productividad. Finalmente, Simplificar tiene como objetivo rediseñar las operaciones para hacerlas más directas, rápidas y menos susceptibles a errores. Este paso consiste en eliminar la complejidad innecesaria, promoviendo procedimientos más claros, accesibles y estandarizados, lo cual no solo mejora la calidad del trabajo, sino también la satisfacción del personal involucrado.

3.2.5 Muri, Mura y Muda

El sistema Toyota nació en la década de 1950, cuando Toyota y Ohno visitaron Ford en Estados Unidos y concluyeron que el principal producto del modelo de Henry Ford era el desperdicio de recursos: esfuerzo humano, materiales, espacio tiempo. Para ser eficiente y competitiva, Toyota necesitaría modificar y simplificar el sistema de Ford, haciéndolo más racional y económico. De esa observación nació el elemento básico del sistema Toyota de producción: la eliminación de desperdicios. En una fábrica, eliminar desperdicios significa reducir al mínimo la actividad que no agrega valor al producto (Amaru, 2009).

Amaru (2009) menciona que, para Toyota, existen siete desperdicios mortales:

- Tiempo perdido en reparaciones o rechazos.
- Producción superior al volumen necesario o antes del momento necesario.
- Operaciones innecesarias en el proceso de manufactura.
- Transporte.
- Existencias.

- Movimiento humano.
- Espera.

Una vez eliminados o reducidos al mínimo los desperdicios, lo que resta es la actividad o el esfuerzo para agregar valor al producto destinado al cliente. Agregar valor significa realizar operaciones de transformación de materiales y componentes estrictamente relacionadas con la elaboración del producto. La eliminación de desperdicios disminuye los costos de producción, sin que se comprometa el valor del producto para el cliente. Desperdicio es lo contrario de agregación de valor, una idea fundamental en los sistemas esbeltos de producción (Amaru, 2009).

Uno de los conceptos clave es la eliminación de Muda, término japonés que hace referencia a todas aquellas actividades que consumen recursos, pero no generan valor, como tiempos de espera, sobreproducción, transporte innecesario o inventarios excesivos. Para lograr una empresa verdaderamente eficiente, no basta con eliminar el desperdicio visible; también es necesario prevenir Mura y Muri, dos causas profundas que originan muchos de los problemas operativos. Mura, o la variabilidad en la producción, genera desequilibrios en la carga de trabajo, tiempos de entrega inconsistentes y calidad irregular. Para evitarla, se propone estandarizar procesos, nivelar la producción (heijunka) y mejorar la coordinación entre áreas (Jones y Womack, 2007).

Por otro lado, Muri, que significa sobrecarga, ocurre cuando se exige más de lo que las personas, máquinas o procesos pueden manejar de manera segura o eficiente. Esto suele provocar errores, fallos técnicos, agotamiento y hasta accidentes. Por ellos se recomienda diseñar procesos realistas, equilibrar la carga de trabajo y respetar los límites operativos para evitar este tipo de saturación. Se destaca que una empresa *Lean* no solo busca recortar tiempos o reducir costos, sino crear un sistema fluido, predecible y centrado en el valor, donde los recursos se utilicen con inteligencia y se promueva una cultura de mejora continua (Jones y Womack, 2007).

3.2.6 Actividades que agregan, semi agregan y no agregan valor

Añadir valor a un producto/servicio es la realización de cada una de las acciones, transformaciones, procesos, etc. por los cuales el cliente está dispuesto a pagar (requerimientos del cliente) (LeanSis Productividad, 2017).

Santos, et al. (2010) explican la importancia de clasificar correctamente las actividades dentro de un proceso para identificar oportunidades de mejora. Esta clasificación se basa en tres tipos principales: Actividades con Valor Agregado (VA), Actividades Sin Valor Agregado pero Necesarias (SVA) y Actividades Sin Valor Agregado (NVA).

Las actividades con valor agregado (VA) son aquellas que transforman el producto de forma que el cliente está dispuesto a pagar por ellas. Estas acciones contribuyen directamente a satisfacer una necesidad o expectativa del cliente, por lo que son esenciales para el proceso. Ejemplos típicos son el ensamblaje de piezas, el maquinado o el envasado final del producto. Por otro lado, las actividades sin valor agregado pero necesarias (SVA) no transforman el producto ni son percibidas por el cliente como valiosas, pero actualmente son imprescindibles para que el proceso funcione. Incluyen tareas como inspecciones de calidad, traslado de materiales o actividades administrativas. Aunque no aportan valor directo, aún no pueden eliminarse del todo y requieren ser optimizadas. Finalmente, las actividades sin valor agregado (NVA) son consideradas puro desperdicio desde la perspectiva *Lean*. No aportan valor ni son necesarias, por lo que deben eliminarse siempre que sea posible. Entre ellas se encuentran tiempos de espera, movimientos innecesarios, retrabajos o errores (Santos et al., 2010).

3.2.7 Metodología 5's

3.2.7.1 Conceptos

Rey Sacristán (2005) define la metodología 5's como un conjunto de actividades de orden, limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, esta puede ser trabaja en equipo o de manera individual y permite crear un mejor ambiente de trabajo, seguridad, diciplina y productividad. Las 5's son cinco

principios japoneses cuyos nombres comienzan con la letra S y están dirigidos a conseguir una fábrica limpia, ordenada y disciplinada.

Estos nombres son:

1. *Seiri* (Seleccionar)
2. *Seiton* (Ordenar)
3. *Seiso* (Limpiar)
4. *Seiketsu* (Estandarizar)
5. *Shitsuke* (Disciplina).

La metodología 5S es una herramienta que busca establecer un ambiente de trabajo organizado, limpio, seguro y eficiente. Sus fundamentos son la base para implementar una cultura de mejora continua, eliminando desperdicios y fomentando hábitos que promuevan la disciplina operativa en todos los niveles de la organización (Gutiérrez Pulido, 2010).

3.2.7.2 Definición de las 5's

Se definen las 5's de la siguiente manera según Gonzalez Fernández (2005):

- Organización (*Seiri*). Es básica para la implantación de un mantenimiento autónomo. Cada puesto de trabajo debe cumplir con una organización asociada a esta forma de realizar su mantenimiento; cuando menos su mantenimiento básico. Con la organización del puesto de trabajo se pretende que en este no haya más que el herramental necesario para la operación o producción de dicho puesto o sección y para su mantenimiento. Dichas herramientas de producción deben estar adecuadamente organizadas, codificadas y en el lugar preciso.
- Orden (*Seiton*). Una vez se ha determinado qué elementos, qué repuestos y qué utillajes son los realmente necesarios para el puesto de trabajo, hay que ordenarlos, y como sabe todo el mundo, es importante que en una zona o área de producción las herramientas y útiles se encuentren en un sitio, los elementos fungibles en otro, se utilicen archivadores y cajas, etc. Ayuda también mucho a su fácil localización la delimitación por colores de zonas de trabajo, pasillos, ligares de descanso, zonas de *stocks*, etc.

- Limpieza e inspección (*Seiso*). En TPM una herramienta importante para el automantenimiento es el aprovechamiento de las operaciones de limpieza que deben realizar los operarios de producción para llevar a cabo inspecciones.
- Estandarización o normalización (*Seiketsu*). Los estándares, etiquetas, colores, etc. se emplean como herramientas facilitadoras para el mantenimiento autónomo; aunque aparentemente -y sobre todo desde el punto de vista occidental- la delimitación de zonas por colores, la fácil interpretación visual de herramientas y medios, etc. pueda no parecer que tenga una importancia crucial, en TPM sí la tiene y de hecho facilita enormemente las operaciones.
- Cumplimiento o disciplina (*Shitsuke*). Las rutinas de limpieza e inspección que se definan en conjunto con producción, así como el mantenimiento del orden y la limpieza, son básicos para que el área de trabajo sea conforme con los estándares de auto mantenimiento perseguidos en TPM. Asimismo, la realización de las rutinas mínimas de mantenimiento que se definan, a pesar de ser las mínimas imprescindibles.

3.2.7.3 Proceso de implementación

Pasos generales para implementar la herramienta 5S, dichos pasos son los siguientes:

1. Alineación de la estrategia con las 5S y compromiso gerencial.
2. Desarrollo de una cultura de administración por procesos.
3. Capacitación en temas complementarios de 5S.
4. Capacitación inicial a los miembros de la compañía para esclarecer la importancia y los beneficios de mejora que traerá la aplicación de las 5S y en qué consiste el programa.
5. Conformar un equipo con miembros de diferentes áreas de la empresa que se encarguen de liderar el proceso y que se haga responsable de evaluar y medir los resultados.
6. Plantear los objetivos que se espera alcanzar con esta herramienta, las estrategias de medición y las actividades a realizar.

7. Publicitar las 5S, se recomienda usar todos los canales de comunicación apropiados para la empresa y dar a conocer el programa a implementar; algunas empresas desarrollan un logo, un slogan, una mascota, realizan afiches, piezas rompe tráfico, lo ubican alrededor de toda la compañía y se siente el espíritu del programa 5S en toda la empresa (Corporación Industrial Minuto de Dios, 2015).

3.2.7.4 Beneficios

Sacristán (2005) menciona que con la aplicación de las 5's se obtienen los siguientes beneficios:

- Se basa en el trabajo en equipo. Permite involucra a los trabajadores en el proceso de mejora desde su conocimiento del puesto de trabajo. Los trabajadores se comprometen. Se valoran sus aportaciones y conocimiento; la mejora continua hace una tarea de todos.
- Mayor productividad. Cuando implementamos las 5 s en nuestro lugar de trabajo podemos obtener, menos productos defectuosos, menos averías, menos accidentes, menor nivel de existencias o inventarios, menos movimientos y traslados inútiles y menor tiempo para el cambio de herramientas
- Mejor lugar de trabajo. Dentro de esta tercera ventaja podemos obtener dentro de los espacios de trabajo: más espacios, satisfacción por el lugar en el que se trabajó, mejor imagen ante nuestros clientes, mayor cooperación y trabajo en equipo, mayor compromiso y responsabilidad en las tareas y un mayor conocimiento del puesto de trabajo.

3.2.6 Ergonomía

3.2.6.1 Definición

La ergonomía es la ciencia de impedir lesiones musculares y óseas en el lugar de trabajo. Es el estudio del diseño del sitio laboral y la integración de los trabajadores con su ambiente. Proviene de dos vocablos griegos: *ergon*, que significa “trabajo”, y *nomos*, que significa “reglas o leyes”. “Ergonomía” podría traducirse como “leyes o reglas para desempeñar o hacer el trabajo”, también se refiere a factores humanos o a ingeniería humana (Meyers y Stephens, 2006).

La ergonomía constituye una disciplina dedicada al estudio de las capacidades y limitaciones humanas en relación con su ambiente laboral, buscando optimizar la interacción entre las personas, las herramientas, los equipos y los espacios de trabajo. Abordar de manera efectiva los problemas ergonómicos requiere de un análisis profundo y especializado, el cual, en muchos casos, implica rediseñar las estaciones de trabajo para adaptarlas a las características físicas, cognitivas y funcionales de los trabajadores, así como a las exigencias específicas de los procesos operativos (Asfahl y Rieske, 2010).

3.2.6.2 Control visual

Las técnicas de control visual constituyen herramientas prácticas de comunicación utilizadas para representar de forma clara y directa el estado del sistema productivo, con especial énfasis en la identificación de anomalías y desperdicios. Su objetivo es resaltar únicamente información relevante que permita evidenciar pérdidas y oportunidades de mejora en el proceso. A diferencia de métodos tradicionales, que emplean datos estáticos y complejos útiles solo para ciertos niveles de gestión, el control visual busca que la información crítica sea comprensible y accesible para todo el personal involucrado en la operación (Hérmendez Matías y Vizán Idoipe, 2013).

En este contexto, el control visual se posiciona como una herramienta clave dentro del enfoque Lean, al transformar una gestión centrada en especialistas en una gestión accesible, sencilla y participativa. Gracias a su capacidad para hacer visibles los estándares, las desviaciones y las oportunidades de mejora, el control visual permite que todos los miembros de la organización se involucren en la toma de decisiones y el seguimiento operativo. De este modo, puede afirmarse que constituye el mecanismo mediante el cual *Lean Manufacturing* estandariza la gestión en planta, promoviendo la transparencia y la mejora continua (Hérmendez Matías y Vizán Idoipe, 2013).

3.2.7 Evaluación costo-beneficio

El análisis costo-beneficio es una herramienta fundamental para determinar si un proyecto genera un aporte real a la sociedad. Este enfoque va más allá del simple análisis financiero, ya que considera no solo los ingresos y egresos monetarios, sino también los efectos positivos y negativos que un proyecto puede tener en la comunidad, el medio ambiente y la economía en general. Este consiste en identificar, cuantificar y valorar todos los costos y beneficios sociales asociados a un proyecto, con el fin de determinar si el valor total de los beneficios supera al de los costos. Para lograrlo, es necesario traducir los efectos del proyecto en unidades monetarias comparables, lo cual permite tomar decisiones basadas en criterios objetivos (Fontaine, 2008).

Blank y Tarquin (2006) explican que la relación beneficio/costo se reconoce como una de las herramientas clave para analizar proyectos del sector público. Este tipo de análisis, conocido como B/C, surgió con el propósito de aportar mayor objetividad a las decisiones económicas en dicho sector. Su origen se remonta a la aprobación del Acta de Control de Inundaciones de 1936 por parte del Congreso de los Estados Unidos. Aunque existen distintas formas de aplicar la relación B/C, el principio básico permanece constante: todos los beneficios y costos deben expresarse en una unidad monetaria común (ya sea valor presente, valor anual o valor futuro), utilizando una tasa de descuento o interés. La fórmula estándar para calcular la razón beneficio/costo es la siguiente:

$$B/C = \frac{\text{VP de beneficios}}{\text{VP de costos}} = \frac{\text{VA de beneficios}}{\text{VA de costos}} = \frac{\text{VF de beneficios}}{\text{VF de costos}}$$

Las fórmulas para calcular el valor presente y el valor anual son más utilizadas que las del valor futuro dentro del análisis beneficio-costo (B/C). En este tipo de análisis, se emplea una convención de signos positivos, lo que significa que los costos se representan con el signo “+”. En cuanto al valor de rescate o de salvamento, este se resta del total de los costos para reflejar correctamente su impacto económico. Por otro lado, los contrabeneficios (efectos negativos que resultan de un proyecto) pueden tratarse de distintas formas, según el modelo de evaluación que se aplique. Sin embargo, la práctica

más común consiste en restar estos contrabeneficios de los beneficios brutos y colocarlos en el numerador de la fórmula B/C (Blank y Tarquin, 2006).

Blank y Tarquin (2006) mencionan que a partir de estos criterios, se establecen distintas modalidades de evaluación, pero la regla para tomar decisiones es bastante clara:

- Si el cociente B/C es igual o mayor a 1.0, se considera que el proyecto es económicamente viable, de acuerdo con las estimaciones y la tasa de descuento utilizada.
- Si el resultado de B/C es menor a 1.0, se concluye que el proyecto no es aceptable desde el punto de vista económico.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

4.1 Enfoque de investigación

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio (2014) quien cita a Hernández Sampieri y Mendoza (2008) los métodos mixtos de investigación se definen como un enfoque que integra de manera sistemática, empírica y crítica procedimientos de recolección y análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos. Esta metodología no solo contempla la obtención de ambos tipos de datos, sino también su integración y análisis conjunto, permitiendo una interpretación más rica y profunda de los fenómenos estudiados. A través de la combinación de diferentes perspectivas metodológicas, los métodos mixtos posibilitan la realización de inferencias más sólidas, al considerar tanto la medición numérica como las interpretaciones contextuales. De esta manera, se favorece una comprensión más integral y detallada de la problemática de investigación, superando las limitaciones inherentes a la aplicación aislada de un único enfoque.

Los métodos mixtos de investigación se caracterizan por la utilización de múltiples tipos de evidencia empírica, tales como datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos, entre otros, con el propósito de abordar de manera más amplia y profunda los problemas de estudio en las ciencias. Esta diversidad de fuentes permite analizar los fenómenos desde diferentes perspectivas, enriqueciendo la comprensión y proporcionando una visión más integral de las dinámicas y complejidades propias de los objetos de investigación (Creswell, 2014).

El enfoque aplicado para la realización de la investigación presente es de tipo mixto;

- Cualitativo, mediante la observación, analizaremos el proceso de cambio de modelo para identificar posibles mejoras a implementar en el acondicionamiento del área de trabajo de los operadores, así como en las herramientas y elementos necesarios para realizar el cambio de modelo. El objetivo es obtener un área más ordenada que facilite a los empleados la

manipulación de herramientas y reduzca el tiempo de traslado. Además, se estratificarán las actividades internas y externas.

- Cuantitativo, se considera el enfoque cuantitativo, ya que se registrará el tiempo de duración de cada actividad durante el cambio de modelo. Asimismo, se evaluará el costo-beneficio generado en la producción al reducir el tiempo, con el fin de comprobar si se alcanzó la meta esperada. Además, se analizarán KAY's (Indicadores de Actividad Clave), como la cantidad de tarjetas de anomalías cerradas.

4.2 Tipo de investigación

4.2.1 Investigación Aplicada

(Ñaupas Paitán, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, y Romero Delgado, 2018) menciona que la investigación aplicada recibe su nombre debido a que se basa en los principios de la investigación básica, pura o fundamental, realizada dentro de las ciencias fácticas o formales. Su principal característica radica en la formulación de problemas o hipótesis de trabajo orientadas a resolver necesidades específicas del ámbito productivo de la sociedad. A diferencia de la investigación básica, que se enfoca en generar conocimiento teórico, la investigación aplicada tiene un enfoque práctico y se enfoca en la generación de soluciones concretas y funcionales que puedan ser directamente implementadas en contextos reales. De ahí que también se le denomine "tecnológica", ya que su principal producto no es el conocimiento abstracto, sino el conocimiento aplicado que busca cumplir con fines prácticos y utilitarios en diversos campos de la ciencia y la tecnología. Este tipo de investigación se dedica a mejorar, perfeccionar y optimizar los sistemas, procedimientos, normas y reglas tecnológicas actuales, tomando como base los avances y descubrimientos más recientes en el ámbito científico y tecnológico. La investigación aplicada, por tanto, no solo se limita a la observación y análisis, sino que tiene como objetivo la transformación de procesos y la resolución de problemas específicos dentro de un contexto real y concreto, contribuyendo al progreso y desarrollo de la sociedad. A diferencia de la investigación básica, cuya validación se mide en términos de teorías verificables, la evaluación de la investigación aplicada no se

basa en la búsqueda de "verdades" absolutas, sino en su capacidad para ser eficiente, eficaz y efectiva. En otras palabras, su éxito se mide según su rendimiento práctico, es decir, cómo contribuye a la mejora de los procesos, sistemas o tecnologías existentes, y cómo su implementación puede resolver de manera efectiva los problemas planteados.

Se llevó a cabo una investigación aplicada en el presente proyecto, cuyo objetivo es maximizar la eficiencia de los equipos de producción y reducir el tiempo de cambio de modelo en la empresa KS GLEITLAGER. Para lograrlo, se aplicaron metodologías como el TPM, que permite reducir parte de las seis grandes pérdidas (fallos, ajustes, paradas menores, reducción de velocidad, defectos de calidad y pérdida de rendimiento).

Además, el TPM fomenta la participación activa del personal, desde operadores hasta la gerencia, en la mejora continua de los procesos, mejorando la confiabilidad de los equipos mediante el mantenimiento autónomo. Por otro lado, la implementación de la metodología SMED permite realizar cambios y ajustes de manera más rápida y eficiente, incrementando la flexibilidad de producción y la productividad.

4.2.2 Investigación de Campo

Arias Gonzales (2020) menciona que la investigación de campo se caracteriza por la obtención de datos directamente a partir de la observación y el contacto con la realidad, lo que permite acceder a información primaria vinculada de manera inmediata a un problema específico de estudio. Este tipo de investigación se fundamenta en el levantamiento de evidencias en el entorno natural donde ocurre el fenómeno de interés, proporcionando así un conocimiento más auténtico y contextualizado de las variables que intervienen en la problemática analizada.

Se aplica la investigación de campo debido a que el proyecto se desarrolla directamente en el área donde se encuentran las máquinas. Esta metodología permite observar el procedimiento para realizar un cambio de modelo, lo que

proporciona una visión más amplia para identificar actividades innecesarias, tiempos muertos, traslados superfluos, herramientas faltantes, ayudas visuales requeridas, y considerar el punto de vista de los trabajadores para adaptarse a sus necesidades.

Asimismo, esta investigación permite conocer el estado actual del personal, la maquinaria, los equipos y las condiciones del área de trabajo, en función de los pilares de TPM que se desarrollan; Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado, Mejora Enfocada y Educación y Entrenamiento.

4.3 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

4.3.1 Observación

La observación implica recopilar información sobre la situación que el investigador ha observado, permitiendo interpretar comportamientos, hechos, objetos, entre otros. Esta técnica puede emplearse tanto en investigaciones cualitativas como cuantitativas y es capaz de recolectar datos tanto subjetivos como objetivos. Por lo tanto, puede aplicarse en ciencias humanas como la psicología y en ciencias aplicadas como las ingenierías (Arias Gonzales, 2020).

La observación se aplicó a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, desde el análisis inicial para identificar la problemática presente, examinando el área de trabajo, el proceso de producción, y los procedimientos seguidos para realizar el cambio de modelo, hasta la evaluación de las condiciones actuales del proceso.

Este enfoque permitió identificar propuestas de mejora que favorecen la eficiencia, reduciendo el tiempo de cambio de modelo y eliminando actividades y elementos innecesarios. Además, se buscó generar un área de trabajo que facilite a los operadores la realización de sus actividades.

4.3.2 Análisis de documentos

Se puede emplear tanto en enfoques cuantitativos como cualitativos y se basa en el análisis de documentos de cualquier área teórica o práctica, independientemente del formato en que se encuentren (electrónico o físico). El análisis documental puede realizarse de forma externa o interna: en el análisis externo, se obtienen resultados que permiten la descripción bibliográfica y catalogación; en el análisis interno, se obtienen resultados que revelan el contenido del documento (Arias Gonzales, 2020).

Se revisaron diversos trabajos y tesis realizados tanto dentro como fuera de la empresa, los cuales sirvieron como apoyo para la elaboración del presente proyecto. Se consideraron puntos clave, ideas de propuestas y se analizaron los resultados obtenidos en cada uno de ellos para identificar modelos que puedan implementarse de manera similar y lograr resultados positivos.

Asimismo, se tomaron en cuenta las limitaciones y problemáticas enfrentadas durante la implementación de estos modelos, con el objetivo de evitarlas o perfeccionar aquellos detalles que puedan afectar de manera negativa el desarrollo del proyecto.

4.4 Método

4.4.1 Actualizar estándares, registrar anomalías y participar en capacitaciones al personal de las máquinas Skive 1 y Bhiler 2.

Dentro de la empresa KS GLEITLAGER se encuentran activos cuatro pilares; Mejora enfocada, Mantenimiento autónomo, Mantenimiento planeado y Educación y entrenamiento. Para alcanzar el primer objetivo planteado en el desarrollo del proyecto, se brindó soporte y se participó en dos de los pilares mencionados. A continuación, se describen las actividades desarrolladas en cada uno de ellos.

4.4.1.1 Mantenimiento autónomo

Se brindó apoyo al pilar de Mantenimiento autónomo mediante la actualización del *AM calendar* (calendario de mantenimiento autónomo) de las máquinas Skive 1 y Bihler 2. Este calendario, disponible en la plataforma operativa de la empresa, tiene como función principal mostrar las partes de la máquina mediante fotografías que identifican de manera clara sus componentes. Además, especifica las actividades de mantenimiento autónomo requerido y la frecuencia con la que los operadores deben realizarlas.

La determinación de dichas actividades se llevó a cabo con el apoyo del área de mantenimiento y los operadores responsables de cada una de las máquinas, asegurando que el *AM Calendar* estuviera actualizado y alineado con las necesidades operativas.

La Ilustración 2, nos muestra una vista del *AM calendar* de la máquina Skive 1 desde la plataforma operativa, antes de su actualización.

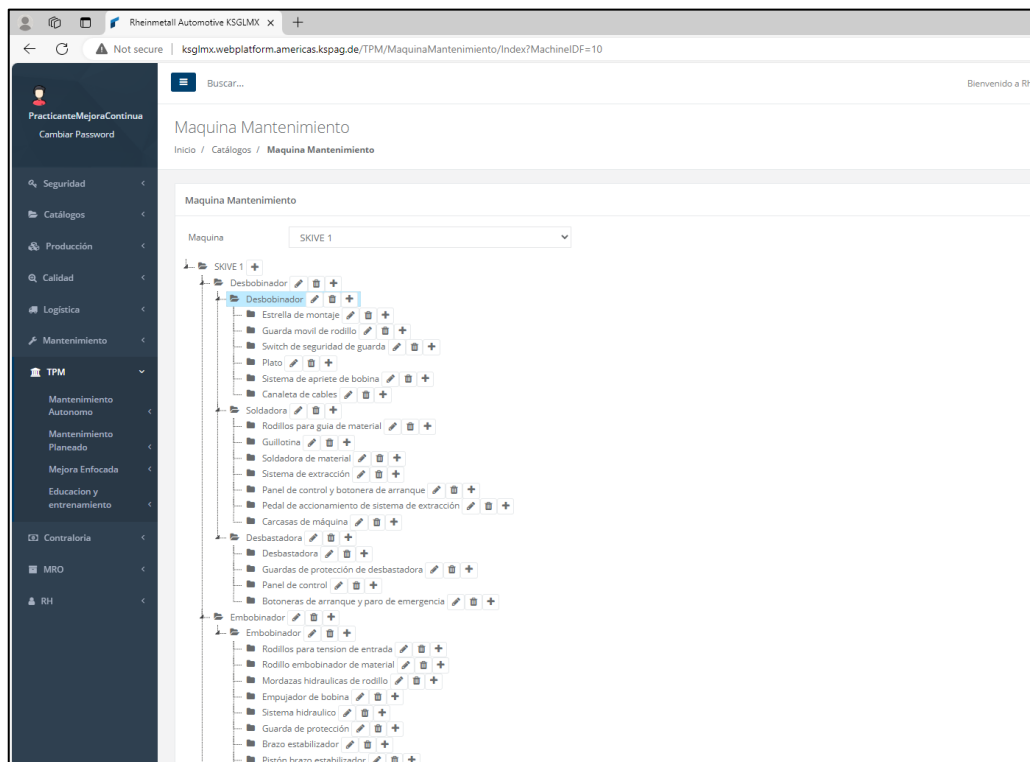


Ilustración 2. Plataforma operativa (AM Calendar Skive 1)

Fuente: KS GLEITLAGER

En la Ilustración 3, observamos desde la plataforma operativa una vista del *AM calendar* sin actualizar para Bihler 2.

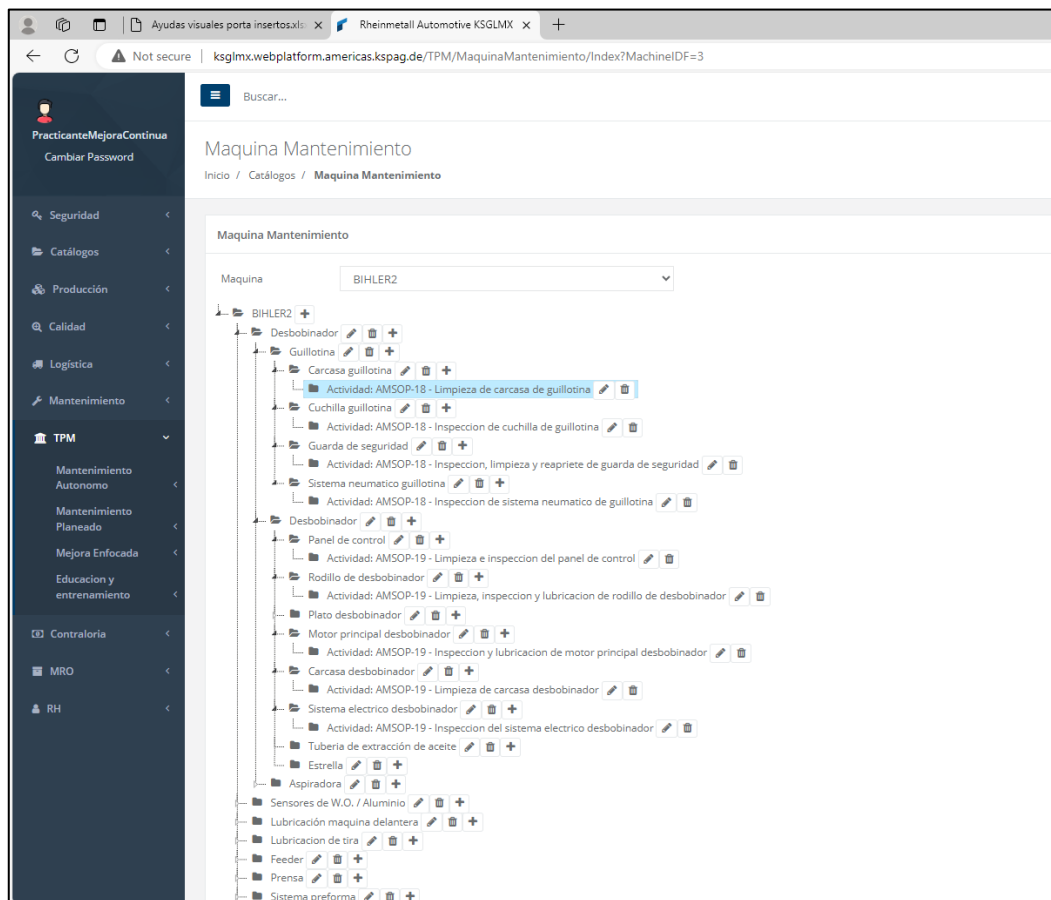


Ilustración 3. Plataforma operativa (*AM calendar* Bihler 2)

Fuente: KS GLEITLAGER

La actualización del diagrama de candado y etiquetado fue de suma importancia, ya que permite a los operadores identificar claramente dónde colocar un candado para prevenir accidentes. Para llevar a cabo esta actualización, se identificaron siete áreas que componen la máquina, las cuales se dividen en: parte trasera, área de pintado (parte trasera), tablero embobinador, tablero de control principal, toma de aire (parte frontal), cepillo número 1 y área de soldado. Estas áreas fueron analizadas comparando los estándares anteriores sin actualizar, con el fin de identificar los cambios presentes.

La Ilustración 4, muestra el diagrama de candado de la máquina Skive 1 de la parte trasera sin actualizar.



Ilustración 4. Diagrama de candadeo Skive 1 sin actualizar

Fuente: KS GLEITLAGER

El diagrama de candadeo para la máquina Bihler 2 consta de cuatro áreas identificadas: parte delantera, banda transportadora, desembobinador, parte trasera. La Ilustración 5, nos permite observa el diagrama de candadeo perteneciente a Bihler 2.

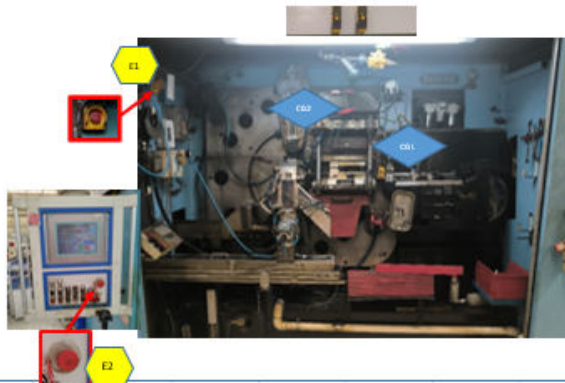
Diagrama de candado y etiquetado			
Instrucciones de bloqueo de energía	Nombre de la máquina o línea de proceso BIHLER 2 (parte delantera)		Fuentes de energía
		E1 Eléctrica A1 Neumática H1 Hidráulica G1 Gas/agua/vapor/ químicos CG1 Control de gravedad	
Realice siempre el bloqueo y desconexión de energías			
Fuente de energía	Ubicación	Método	Prueba
Electrica		Activacion de paro de emergencia y candado para bloquear desactivación	Activacion de paro de emergencia y validacion de funcionamiento al activarse algun boton de control electrico, que este no funcione.
Electrica		Activacion de paro de emergencia y candado para bloquear desactivación	Activacion de paro de emergencia y validacion de funcionamiento al activarse algun boton de control electrico, que este no funcione.
Control de gravedad		Cierre y candado de valvula principal neumatico	Verificacion de posicion al apagar el sistema neumatico en cuanto a prensa y verificar que al activarla esta no
Control de gravedad		Cierre y candado de valvula principal neumatico	Verificacion de posicion al apagar el sistema neumatico en cuanto a prensa y verificar que al activarla esta no

Ilustración 5. Diagrama de candado Bihler 2 sin actualizar

Fuente: KS GLEITLAGER

Asimismo, se actualizó el mapa de riesgos, un esquema que muestra de manera visual los puntos críticos donde existen peligros para el operador en cada máquina como lo son partes móviles, zonas calientes y componentes eléctricos. La Ilustración 6, muestra el mapa de riesgos correspondiente a la máquina Skive 1.

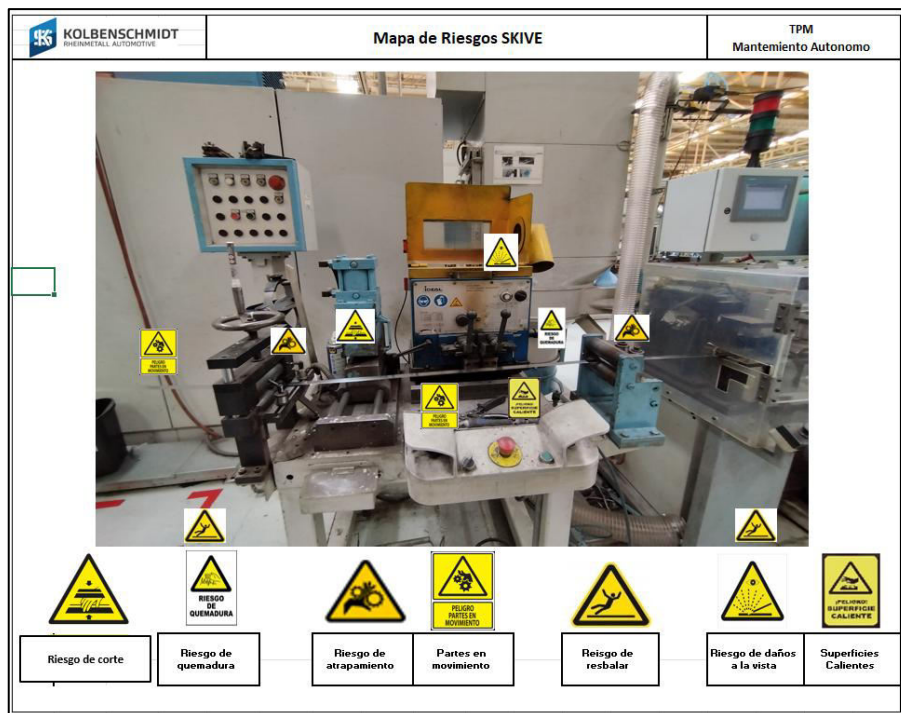


Ilustración 6. Mapa de riesgos Skive 1 sin actualizar

Fuente: KS GLEITLAGER

El mapa de riesgos que se tiene para la máquina Bihler 2 se encuentra en la ilustración 7.

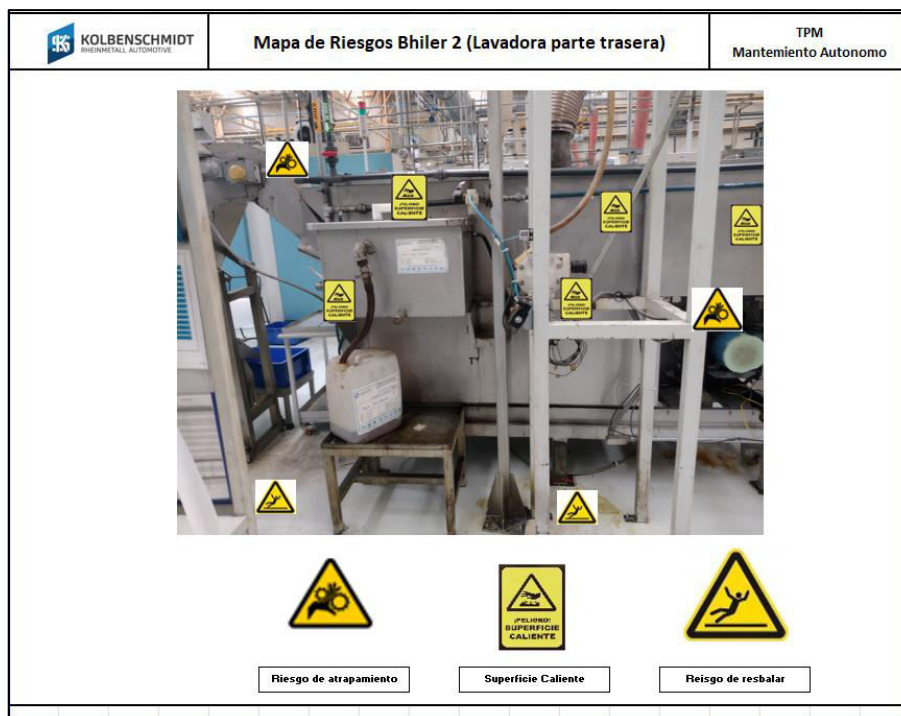


Ilustración 7. Mapa de riesgos Bihler 2 sin actualizar

Fuente: KS GLEITLAGER

Con el AM Calendar, se abarcaron por completo los componentes de la máquina, así como el registro de las actividades correspondientes al CIL's. Para su actualización, se tomaron fotografías de cada componente, señalando con figuras y flechas el lugar exacto donde se encuentra cada elemento, junto con su respectivo nombre. Además, se añadió el SOP (Procedimiento Operativo Estándar) correspondiente a cada parte de la máquina, que detalla cómo se deben realizar las actividades de inspección, lubricación, limpieza y reapriete.

Otra actividad de apoyo fue el levantamiento de tarjetas de anomalías, realizado con la colaboración de los operadores. Esta herramienta permite identificar anomalías menores antes de que se conviertan en fallas graves, evitando paros inesperados. Además, contribuye a la prevención de accidentes laborales, ya que permite registrar riesgos potenciales presentes en el área de trabajo.

Asimismo, las tarjetas de anomalías ayudan al equipo de mantenimiento a organizar y planificar las intervenciones, priorizándolas según la gravedad de cada anomalía detectada. Este registro facilita el seguimiento de las irregularidades y su posterior resolución. Se muestra el formato de tarjeta de TPM en la Ilustración 8.

RHEINMETALL **TPM**
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO
FOLIO: N° 1187
FECHA: DD.MM.AA **EMISOR:** Número
MÁQUINA: _____
PARTE DE LA MÁQUINA: _____
NUMERO Y DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA
ESPECIFIQUE DONDE COLOCO LA ETIQUETA

CLASIFIQUE EL TIPO DE PROBLEMA:

☐ 1.- CORROSIÓN	☐ 14.- PINTURA
☐ 2.- SIN IDENTIFICACIÓN	☐ 15.- PRESIÓN IRREGULAR
☐ 3.- SIN LUBRICACIÓN	☐ 16.- RESTAURACIÓN ELÉCTRICA
☐ 4.- SIN TORNILLO	☐ 17.- RESTAURACIÓN MECÁNICA
☐ 5.- FUENTE DE SUCIEDAD	☐ 18.- RUIDO / VIBRACIÓN
☐ 6.- LUGAR DIFÍCIL ACCESO	☐ 19.- SEGURIDAD
☐ 7.- LUGAR DIFÍCIL INSPECCIÓN	☐ 20.- CAMBIO DE FILTRO
☐ 8.- LUGAR DIFÍCIL LIMPIEZA	☐ 21.- CALENTAMIENTO
☐ 9.- LUGAR DIFÍCIL LUBRICACIÓN	☐ 22.- FUGA DE AGUA
☐ 10.- PARTE DAÑADA	☐ 23.- FUGA DE ACEITE
☐ 11.- PARTE SUELTA	☐ 24.- FUGA DE AIRE
☐ 12.- PIEZA FALTANTE	☐ 25.- FUGA DE GAS
☐ 13.- FALTA LIMPIEZA	☐ 26.- GUARDAS DE PROTECCIÓN
	☐ 27.- OTROS

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Ilustración 8. Tarjetas TPM

Fuente: KS GLEITLAGER

Estas tarjetas permitieron identificar diversas anomalías presentes en la máquina Skive 1, tales como lugares de difícil acceso, fuentes de suciedad, problemas de calidad o anomalías relacionadas con la seguridad. A partir de esta clasificación, se decidió elaborar una ayuda visual que facilitara la localización de cada anomalía detectada. Para ello, se desarrolló un *layout* de anomalías, el cual permite visualizar de forma clara y precisa la ubicación de cada una según su tipo.

4.4.1.2 Educación y entrenamiento

Dentro del pilar de Educación y Entrenamiento, se participó y brindó apoyo en diversas capacitaciones dirigidas a los operadores de las máquinas Skive 1 y Bihler 2, Jesús y Mateo, respectivamente, sobre la metodología TPM. El material utilizado en dichas capacitaciones se observa en la Ilustración 9.

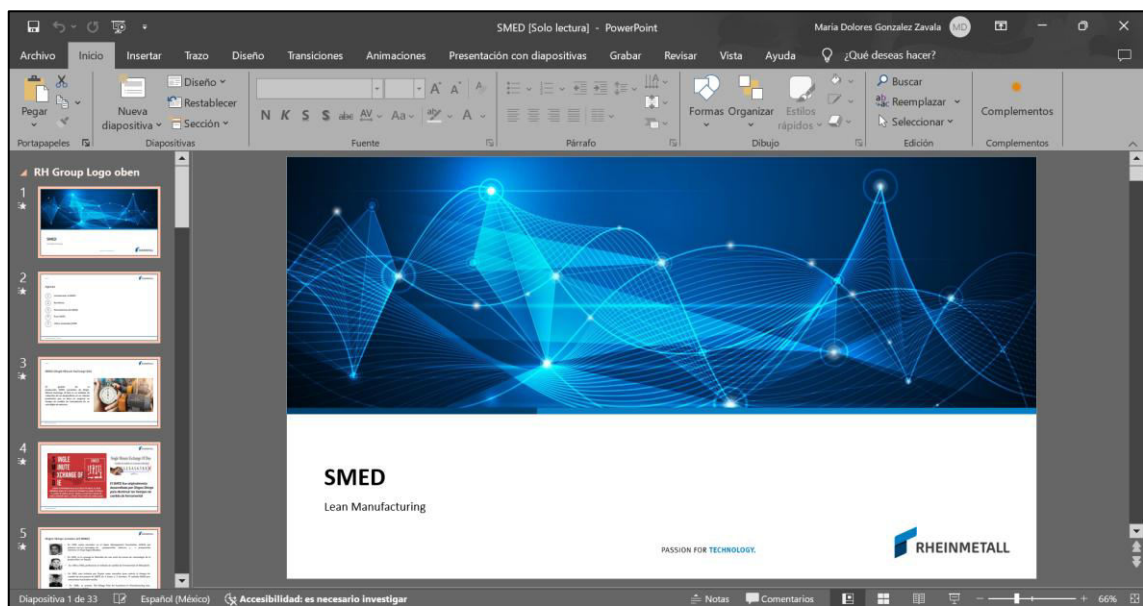


Ilustración 9. Material de apoyo

Fuente: KS GLEITLAGER

4.4.2 Reducir el tiempo de cambio de modelo desarrollando la ruta completa del SMED (Single Minute Exchange of Die) para Skive 1 y Bhiler 2.

4.4.2.1 Ruta completa del SMED para Skive 1

4.4.2.1.1 Paso 0. Documentar los elementos actuales

En el Paso 0, se grabó un video del proceso de cambio de modelo en la máquina Skive 1 para el número de parte 60833990, correspondiente al material acero-aluminio. Dicho cambio de modelo fue realizado por la operadora Soledad.

A partir de esta grabación, se elaboró un listado con las actividades ejecutadas durante el cambio de modelo, así como la duración de cada una de ellas. Además, las actividades fueron clasificadas según su contribución al proceso, identificando si agregan valor, semi-agregan valor o no agregan valor.

En la Ilustración 10, se muestra el formato del Video Analizador, en el cual se cargó el video registrado del cambio de modelo.

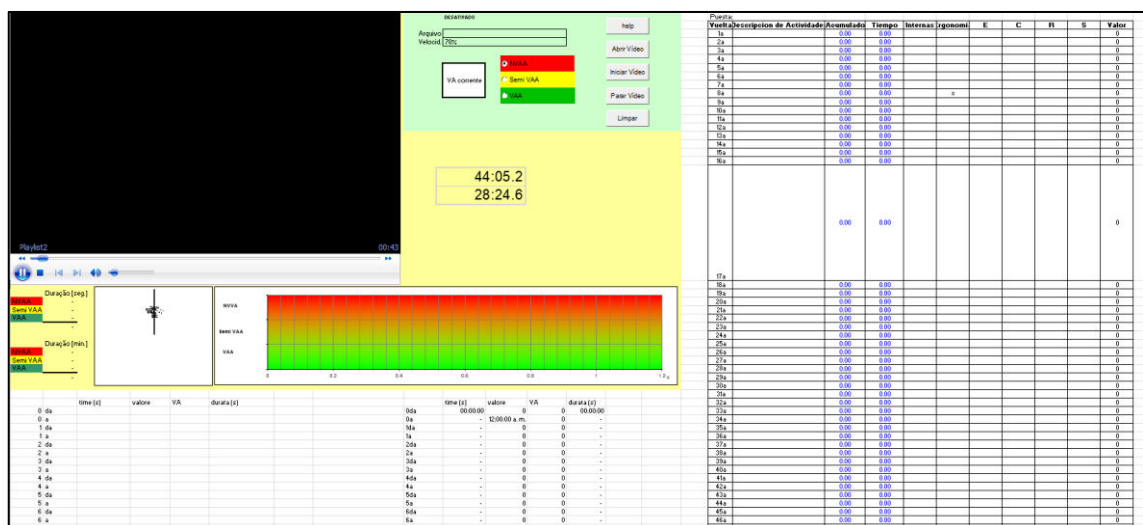


Ilustración 10. Formato de video analizador

Fuente: KS GLEITLAGER

4.4.2.1.2 Paso 1. Separar actividades internas y externas

Mediante la utilización del formato ECRS (Eliminar, Combinar, Reorganizar, Simplificar), se clasificaron las actividades identificadas en internas, aquellas que deben realizarse con la máquina en paro, y externas, que pueden llevarse a cabo mientras la máquina está en funcionamiento.

La Ilustración 11, presenta el formato ECRS, donde se registró la información obtenida del Video Analizador, incluyendo la cantidad de actividades realizadas, su descripción y la duración en segundos, de cada una. Este formato también permitió elaborar un diagrama de flujo que clasifica las actividades según su tipo: operación, transporte, inspección, retraso o almacenaje.

The image shows a form titled 'RHEINMETALL' and 'SMED-ECRS-(SINTER)'. It includes a table for recording activities and a flow diagram for improvement ideas.

ANTES		ANÁLISIS		MEJORA	
No	ACTIVIDADES	TIEMPO (s)	EA	IA	IDEAS DE MEJORA
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

The flow diagram shows a process flow from 'ANTES' to 'ANÁLISIS' to 'MEJORA'. The 'ANÁLISIS' section includes a legend for activity types: Operación (green circle), Transporte (red arrow), Inspección (yellow square), Retraso (blue square), and Almacenaje (purple triangle). The 'MEJORA' section includes a legend for improvement ideas: Reducir (red circle), Eliminar (red arrow), Cambiar (yellow square), and Reemplazar (purple triangle).

Ilustración 11. Formato ECRS

Fuente: KS GLEITLAGER

4.4.2.1.3 Paso 2. Cambiar las actividades internas a externas

Después de identificar las actividades internas y externas, se realizó una revisión en conjunto con los operadores para determinar si algunas de las actividades internas podían trasladarse a externas. Asimismo, se elaboró un Diagrama de *Spaghetti* con el objetivo de analizar el recorrido efectuado por el operador durante el cambio de modelo, identificando posibles oportunidades de mejora en la eficiencia de los desplazamientos.

4.4.2.1.4 Paso 3. Localizar actividades paralelas

Se evaluó la posibilidad de realizar actividades paralelas, es decir, aquellas en las que el líder de producción puede asistir al operador mientras este ejecuta otras tareas durante el cambio de modelo. Esta revisión se llevó a cabo bajo la condición de que no se generara ninguna situación de riesgo o peligro que pudiera provocar un accidente al tener a dos personas manipulando la máquina simultáneamente.

4.4.2.1.5 Paso 4. Optimizar actividades internas y externas

Para la optimización de las actividades, se determinó eliminar Muri (sobrecarga), Mura (variabilidad) y Muda (desperdicio) mediante la implementación de las metodologías 5's. Para ello, se elaboró una lista de actividades necesarias para la implementación aplicar cada una de ellas.

4.4.2.1.6 Paso 5. Implementar el plan

Se llevó a cabo la lista de actividades definidas en el paso 4, lo que permitió la implementación de las metodologías 5's. Con esta implementación, se logró eliminar Muri, Mura y Muda.

Para llevar a cabo la implementación de las metodologías 5's, se realizaron las siguientes acciones:

- Selección (Seiri): Se revisó el área asignada a la máquina, observando los elementos presentes en la máquina, las mesas de trabajo y el piso. Una vez identificados, se separaron aquellos necesarios para el área de trabajo de los que no pertenecían o ya no funcionaban, considerando la frecuencia de producción y el material más utilizado.
- Orden (Seiton): Las herramientas se organizaron según la frecuencia de uso, ubicando las más utilizadas en el primer cajón y las menos utilizadas en los cajones posteriores. Se añadió una ayuda visual pintando los portainsertos y asignando un color a cada medida para facilitar su identificación. Además, se revisó el estado de las espumas en los cajones, reemplazando aquellas que estaban dañadas, y se etiquetó el lugar correspondiente para cada herramienta.
- Limpieza (Seiso): Se programaron dos paros en coordinación con el líder de producción y los operadores responsables de la máquina. El primer paro se destinó al acondicionamiento de los cajones, retirando las esponjas para limpiarlos con toalla de papel y limpiador líquido. También se limpiaron las herramientas y las esponjas que

serían reutilizadas. En el segundo paro, se llevó a cabo la limpieza de la máquina.

- Estandarización (Seiketsu): Se elaboró un estándar visual en el que se incluyeron los nombres y fotografías de los operadores responsables, así como imágenes de cómo debe mantenerse el área de trabajo limpia y ordenada siguiendo la metodología 5's.
- Disciplina (Shitsuke): Finalmente, se diseñó un *check list* con las instrucciones diarias de limpieza que deben seguir los operadores para conservar el orden y la limpieza del área de trabajo. Se añadieron imágenes correspondientes a cada paso, las cuales fueron mostradas y explicadas a los operadores, detallando su función y el modo correcto de llenado.

4.4.2.1.7 Paso 6. Validar el procedimiento

Con el objetivo de evaluar las mejoras implementadas en el proceso de cambio de modelo, se grabó un segundo cambio correspondiente al mismo número de parte. A partir de esta grabación, se identificaron y contabilizaron las actividades ejecutadas, así como su duración, permitiendo establecer un nuevo tiempo total de cambio. Ambos tiempos (el original y el actualizado) fueron convertidos a segundos para aplicar la fórmula de reducción porcentual:

$$\text{Reducción (\%)} = \left[\frac{\text{Tiempo original} - \text{Tiempo reducido}}{\text{Tiempo original}} \right] \times 100$$

Esta comparación permitió determinar el impacto de las acciones correctivas, como la aplicación de la metodología 5's, la reclasificación de actividades con ECRS y la estandarización del proceso. Con ello, se evaluó si se alcanzó el objetivo establecido de reducir el tiempo de cambio de modelo y mejorar la eficiencia operativa. Los resultados obtenidos también sirvieron como referencia para futuras optimizaciones.

A partir de la grabación, se identificaron y registraron las actividades ejecutadas durante el cambio de modelo, detallando la duración de cada una. Posteriormente, estas actividades fueron clasificadas según su contribución al proceso, determinando si agregan valor, semi-agregan valor o no agregan valor.

En el apartado 4.4.2.1.1 se encuentra la Ilustración 10, la cual muestra el formato del Video Analizador, donde se cargó la grabación del cambio de modelo para su análisis y evaluación.

4.4.2.2 Paso 1. Separar actividades internas y externas

A través del formato ECRS (Eliminar, Combinar, Reorganizar, Simplificar), se clasificaron las actividades identificadas en internas (realizadas con la máquina detenida) y externas (realizadas con la máquina en funcionamiento). En este formato se registró la información obtenida del Video Analizador incluyendo la cantidad de actividades realizadas, su descripción y la duración en segundos de cada una.

Además, el formato permitió la elaboración de un diagrama de flujo, en el cual se clasificaron las actividades según su tipo: operación, transporte, inspección, retraso o almacenaje. La Ilustración 11, presente en el apartado 4.4.2.1.2, muestra el formato ECRS.

4.4.2.3 Paso 2. Cambiar las actividades internas a externas

Tras la identificación de las actividades internas y externas, se llevó a cabo una revisión con los operadores para evaluar la posibilidad de convertir algunas actividades internas en externas. Asimismo, se elaboró un Diagrama de *Spaghetti* con el propósito de analizar el recorrido del operador durante el cambio de modelo, lo que permitió identificar oportunidades de mejora en la eficiencia de sus desplazamientos.

4.4.2.4 Paso 3. Localizar actividades paralelas

Se identificaron actividades paralelas potenciales, es decir, aquellas en las que el líder de producción puede asistir al operador mientras este ejecuta otras

tareas durante el cambio de modelo. Esta evaluación se realizó asegurando que dicha asistencia no generara riesgos o situaciones peligrosas que pudieran provocar un accidente al manipular la máquina de manera simultánea. También se verificó si ya se realizaban actividades en paralelo durante el proceso.

4.4.2.2.5 Paso 4. Optimizar actividades internas y externas

Con el objetivo de optimizar las actividades, se elaboró un listado detallado de las acciones necesarias para la implementación de la metodología 5's. A través de este enfoque, se buscó eliminar Muri, Mura y Muda, garantizando así una mayor eficiencia en los procesos.

4.4.2.2.6 Paso 5. Implementar el plan

Se llevó a cabo la ejecución de la lista de actividades establecidas en el paso 4, lo que permitió la correcta implementación de la metodología 5's. Como resultado de esta implementación, se logró eliminar Muri, Mura y Muda, optimizando así la eficiencia del proceso.

Para la implementación de la metodología 5's, se realizaron las siguientes acciones:

- Selección (Seiri): Se llevó a cabo una revisión del área asignada a la máquina, identificando los elementos presentes en la máquina, las mesas de trabajo y el piso. Posteriormente, se separaron aquellos elementos esenciales para la operación de los que no eran necesarios o estaban en desuso, considerando la frecuencia de producción y el tipo de material más utilizado.
- Orden (Seiton): Se organizaron las herramientas de acuerdo con su frecuencia de uso, ubicando las más utilizadas en el primer cajón y las menos frecuentes en los cajones posteriores. Se revisó el estado de las espumas en los cajones, reemplazando aquellas que presentaban daños. Además, se etiquetó cada ubicación para garantizar la correcta disposición de las herramientas, utilizando la técnica de *poka-yoke* para una identificación y colocación más clara de las herramientas.

- Limpieza (Seiso): En coordinación con el líder de producción y los operadores responsables de la máquina, se programaron dos paros operativos. Durante el primer paro, se realizó el acondicionamiento de los cajones, retirando las esponjas y limpiándolas con toallas de papel y limpiador líquido, además de limpiar las herramientas antes de reubicarlas. En el segundo paro, se llevó a cabo una limpieza profunda de la máquina, para la posterior colocación y etiquetado de las bases presente dentro de máquina, colocadas para la facilitar a los operadores la colocación de herramental requerido durante el cambio de modelo.
- Estandarización (Seiketsu): Se elaboró un estándar visual que incluyó los nombres de los operadores responsables de la máquina, fotografías de estos y del estado óptimo en que debe mantenerse el área de trabajo conforme a la metodología 5's.
- Disciplina (Shitsuke): Se diseñó un checklist con instrucciones detalladas para la limpieza diaria, garantizando así la sostenibilidad del orden y la limpieza en el área de trabajo. Además, se incorporaron imágenes ilustrativas para cada paso, las cuales fueron presentadas a los operadores con la debida explicación sobre su propósito y el procedimiento para su correcta aplicación.

4.4.2.2.7 Paso 6. Validar el procedimiento

La estimación del porcentaje de mejora se basó en la eliminación de actividades que no agregan valor y no son esenciales para la operación, así como en la identificación de tareas que pueden realizarse en paralelo con el apoyo del líder de producción. Para evaluar el impacto de estas mejoras, se calcularon los tiempos del cambio de modelo antes y después de las implementaciones, convirtiéndolos a segundos. Posteriormente, se aplicó la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de reducción:

$$\text{Reducción (\%)} = \left[\frac{\text{Tiempo original} - \text{Tiempo reducido}}{\text{Tiempo original}} \right] \times 100$$

Los resultados obtenidos se compararon con los datos previos, lo cual permitió verificar si se cumplió el objetivo propuesto de disminuir el tiempo de cambio de modelo y mejorar la eficiencia del proceso.

4.4.3 Realizar evaluación costo – beneficio comparando el ahorro estimado con el ahorro real obtenido

4.4.3.1 Evaluación costo beneficio Skive 1

Para la realización de la evaluación costo-beneficio, se brindó apoyo por parte del departamento de finanzas, quien proporcionó la información requerida sobre el costo de producción por hora de la máquina Skive 1, considerando tanto los costos fijos como los variables. Este dato fue multiplicado por el tiempo de duración de un cambio de modelo, utilizando el tiempo obtenido en la grabación del cambio. Asimismo, se calculó el costo mensual y anual de la máquina. Posteriormente, después de implementar las mejoras propuestas y aplicar la metodología SMED, se grabó un nuevo cambio de modelo. Con el nuevo tiempo obtenido, se recalcularon los costos mensuales y anuales. Se muestran los datos brindados por la empresa de Skive 1 sobre los costos de producción y el ahorro estimado en la Ilustración 13.

Skive 1	
<i>Tiempo promedio mensual de cambio de modelo *</i>	26.03 hrs
Horas promedio de ahorro mensuales de Set Up	10
Costo por hora **	\$ 649.74
Ahorro mensual	\$ 6,497.40
Ahorro semestral	\$ 38,984.40
Ahorro Anual	\$ 77,968.80

*Información obtenida de la plataforma operativa del 01 de enero 2023 al 31 de diciembre 2023.

** El costo por hora (cost rate) ya filtra costos fijos y costos variables para tener el ahorro aproximado más preciso posible.

Ilustración 13. Costo de producción por hora y ahorros estimados Skive 1

Fuente: KS GLEITLAGER

4.4.3.2 Evaluación costo beneficio Bihler 2

Para la realización de la evaluación costo-beneficio, se contó con el apoyo del departamento de Finanzas, el cual proporcionó la información necesaria sobre el costo de producción por hora de la máquina Bihler 2, considerando tanto

los costos fijos como los variables. Este dato se multiplicó por el tiempo que toma realizar un cambio de modelo, utilizando para ello el tiempo registrado en la grabación correspondiente.

Asimismo, se calcularon los costos mensual y anual de operación de la máquina. Posteriormente, tras la implementación de las mejoras propuestas y la aplicación de la metodología SMED, se estimó una nueva duración aproximada para el cambio de modelo. Esta estimación fue necesaria debido a que no se contó con disponibilidad de la máquina para realizar una nueva grabación tras la mejora. Por ello, únicamente se consideraron los tiempos eliminados al suprimir actividades que no agregan valor, la combinación de actividades y el apoyo del operador líder para la ejecución de tareas en paralelo.

Una vez ajustado el tiempo con base en estas mejoras, se realizó el cálculo del nuevo tiempo de cambio y del porcentaje de reducción alcanzado. Esto permitió estimar el ahorro económico generado, el cual fue comparado con el ahorro proyectado por el departamento de Finanzas, como se muestra en la ilustración 14.

Bihler 2	
Tiempo promedio mensual de cambio de modelo*	15 hrs
Horas promedio de ahorro mensuales de Set Up	5
Costo por hora**	\$ 581.27
Ahorro mensual	\$ 2,906.35
Ahorro semestral	\$ 17,438.10
Ahorro anual	\$ 34,876.20
*Información obtenida de la plataforma operativa del 01 de enero 2023 al 31 de diciembre 2023.	
**El costo por hora (cost rate) ya filtra costos fijos y costos variables para tener el ahorro aproximado más preciso posible.	

Ilustración 14. Costo de producción por hora y ahorros estimados Bihler 2

Fuente: KS GLEITLAGER

4.4.3.3 Seguimiento y expansión horizontal

Como fase final del proyecto, se elaboró una presentación detallada que describía cada etapa del desarrollo, siguiendo los pasos establecidos para la implementación de la metodología SMED. En esta presentación se incluyeron

los resultados obtenidos, análisis de los costos, así como las propuestas de mejora identificadas para optimizar el proceso.

La información recopilada y analizada fue expuesta en una reunión con el gerente general de la planta, el gerente de producción, el ingeniero de mejora continua y representantes del departamento de recursos humanos. Durante la presentación, se destacó el impacto de la metodología en la eficiencia operativa, evidenciando las oportunidades de optimización y los beneficios esperados a corto y largo plazo.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1 Actualizar estándares, registrar anomalías y participar en capacitaciones al personal de máquinas Skive 1 y Bihler 2.

5.1.1 Mantenimiento autónomo

Se actualizó el AM calendar que se encuentra en la plataforma de la empresa, tanto para la máquina Bihler 2 como para la Skive 1. En la Ilustración 15, se muestra la actualización para la Skive 1, donde se agregó una foto del componente correspondiente, en este caso, el desbobinador, en el cual se colocan las bobinas del material con el que se trabajará.

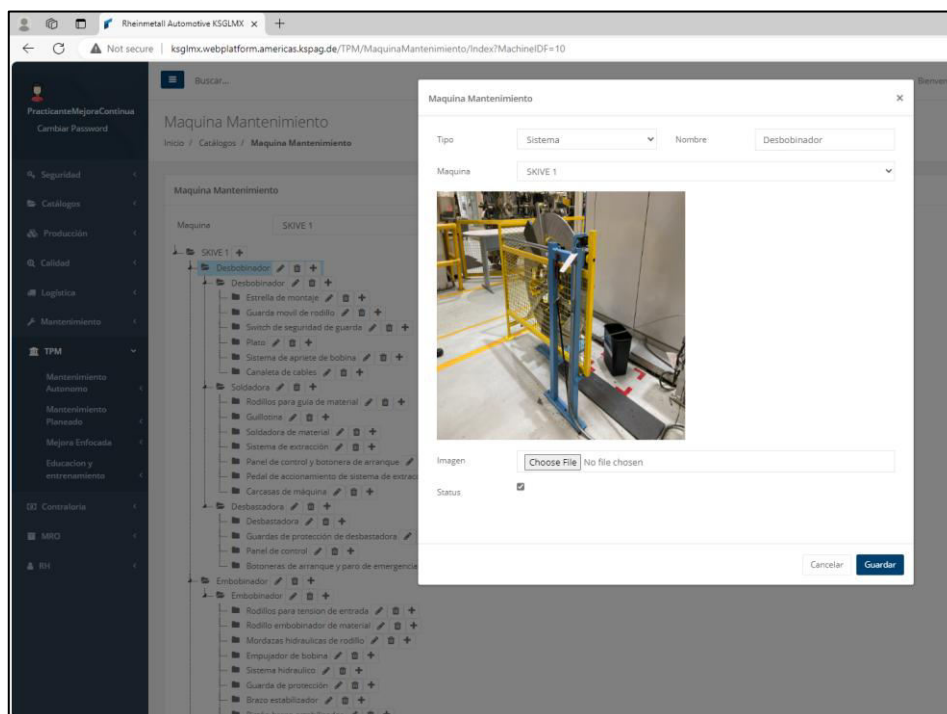


Ilustración 15. Actualización de AM Calendar Skive 1

Fuente: Propia

En la Ilustración 16, se observa la actualización para Bihler 2 para la cuchilla encargada de cortar el material, así mismo, se muestra el nombre del componente a que tipo y máquina pertenece.

Maquina Mantenimiento

Tipo

Componente

Nombre

Cuchilla guillotina

Maquina

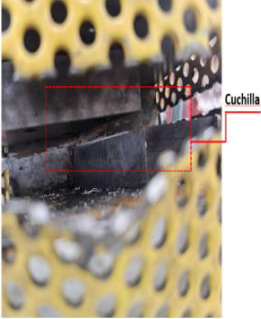
BIHLER2

Sistema

Desbobinador

Subsistema

Guillotina



Imagen

Choose File

No file chosen

Status

☒

Ilustración 16. Actualización AM calendar Bihler 2

Fuente: Propia

La Tabla 3, muestra el cumplimiento alcanzado de actualizar el AM calendar en la máquina Skive 1 y se alcanzó al 100%. No se muestran las imágenes por cuestión de confidencialidad solo se permitió mostrar como ejemplo la ilustración perteneciente a Skive 1. En la tabla se puede identificar el sistema desbobinador teniendo 3 subsistemas con un total de 18 componentes, esto nos da como resultado 21 elementos subidos a plataforma teniendo un cumplimiento alcanzado del 100%.

Tabla 3. Cumplimiento de actualización de AM calendar en Skive 1

Sistema	Subsistema	Total de componentes	Subidos en plataforma	Cumplimiento
Desbobinador	3	18	21	100%
Embobinador	2	10	12	100%
Mesa de trabajo	2	13	15	100%
Hidráulico	2	14	16	100%
Succión	2	17	19	100%

Fuente: Propia

La Tabla 4, muestra el cumplimiento alcanzado de actualizar el AM calendar en la maquina Bihler 2 este se alcanzó al 100%. Contiene los sistemas que componen la máquina, la cantidad de subsistemas, total de componentes, total de actualizados en plataforma y el cumplimiento en porcentaje, uno de los sistemas que se puede observar en la tabla es el feeder el cual tiene 2 subsistemas con un total de 17 componentes, dando como resultado 19 elementos subidos a plataforma con un cumplimiento del 100%.

Tabla 4. Cumplimiento de actualización de AM calendar en Bihler 2

Sistema	Subsistema	Total de componentes	Subidos en plataforma	Cumplimiento
Desbobinador	3	18	21	100%
Sensores W.O.	2	10	12	100%
Lubricación delantera	2	T13	15	100%
Lubricación tira	2	14	16	100%
Feeder	2	17	19	100%
Prensa	1	7	8	100%
Sistema preforma	2	16	18	100%
Sensores	2	9	11	100%
Mecanismo Ejector	2	13	15	100%
Tolvas de descarte	3	16	19	100%
Lavadoras	5	17	22	100%
Secadoras	5	15	20	100%
Aceitador	6	17	23	100%
Lubricación trasera	1	10	11	100%
Mesa de inspección	4	18	22	100%
Cabina	5	15	20	100%

Fuente: Propia

Como se mencionó en el capítulo 4, para llevar a cabo la actualización del AM calendar, se revisaron los estándares con los que se trabaja en máquina, los cuales se deben revisar al momento de realizar el mantenimiento autónomo por parte de los operadores, con esto nos dimos cuenta de que tanto en el diagrama de candado como en el mapa de riesgos las fotos de las máquinas y los lugares que identifican se encontraban desactualizados.

La máquina Skive 1 identifica 7 área para el diagrama de candado las cuales son parte trasera, área de pintado parte trasera, tablero embobinador, tablero de control principal, toma de aire parte frontal, cepillo número 1 y área de soldado. De las cuales se actualizaron 4 debido a cambios en el área, estos cambios están identificados dentro de una elipse de color morado con línea punteada. La Ilustración 17, se muestra el antes y después de los estándares de diagrama de candado de Skive 1, de la parte trasera de la máquina donde se observa que la palanca del tablero principal fue sustituida por otra palanca, además de que se eliminó la guarda que contenía cables para su organización debido a modificaciones en el espacio.

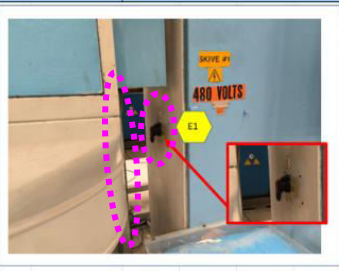
Antes				Después			
Diagrama de fuentes de alimentacion y candado				Diagrama de fuentes de alimentacion y candado			
Instrucciones de bloqueo de energía	Nombre de la máquina o línea de proceso Skivet (parte trasera)	Fuentes de energía		Instrucciones de bloqueo de energía	Nombre de la máquina o línea de proceso Skivet1 (parte trasera)	Fuentes de energía	
		E1	Eléctrica			E1	Eléctrica
		A1	Neumática			A1	Neumática
		H1	Hidráulica			H1	Hidráulica
		G1	Gas/agua/vapor/químicos			G1	Gas/agua/vapor/químicos
		CG1	Control de gravedad			CG1	Control de gravedad
Realice siempre el bloqueo y desconexión de energías				Realice siempre el bloqueo y desconexión de energías			
Fuente de energía	Ubicación	Método	Prueba	Fuente de energía	Ubicación	Método	Prueba
Eléctrica	E1	Bajar la palanca de energía del tablero principal y bloquear con su candado para evitar activación	Activar algún componente eléctrico de la máquina y verificar que este no funcione.	Eléctrica	E1	Bajar la palanca de energía del tablero principal y bloquear con su candado para evitar activación	Activar algún componente eléctrico de la máquina y verificar que este no funcione.

Ilustración 17. Comparativa antes y después diagrama de candado Skive 1 (parte trasera)
Fuente: Propia

La siguiente área que sufrió modificaciones fue el área del tablero de control principal, esto debido al reemplazo del botón de paro de emergencia y de la pantalla del tablero. Asimismo, se identificaron cambios en la mesa de trabajo, donde se agregó un espejo que facilita la revisión del material por parte de los operadores. Finalmente, se sustituyó la manguera de succión de rebaba. La comparación entre el estándar anterior y el actualizado puede consultarse en el Ilustración 18.

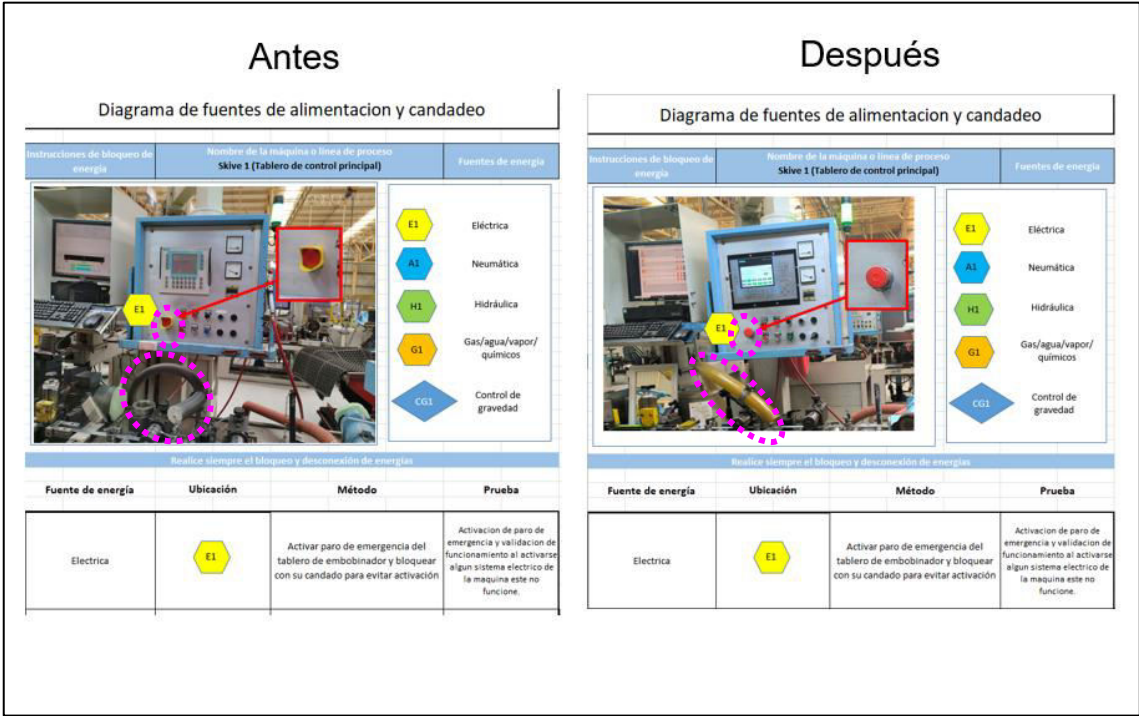


Ilustración 18. Comparativa antes y después diagrama de candeeo Skive 1 (tablero de control principal)

Fuente: Propia

Otra área que fue actualizada corresponde a la toma de aire en la parte frontal, en la cual se retiró la guarda del componente correspondiente, debido a que no se encuentra en funcionamiento. La comparativa de esta área, antes y después de la modificación, se presenta en la Ilustración 19.

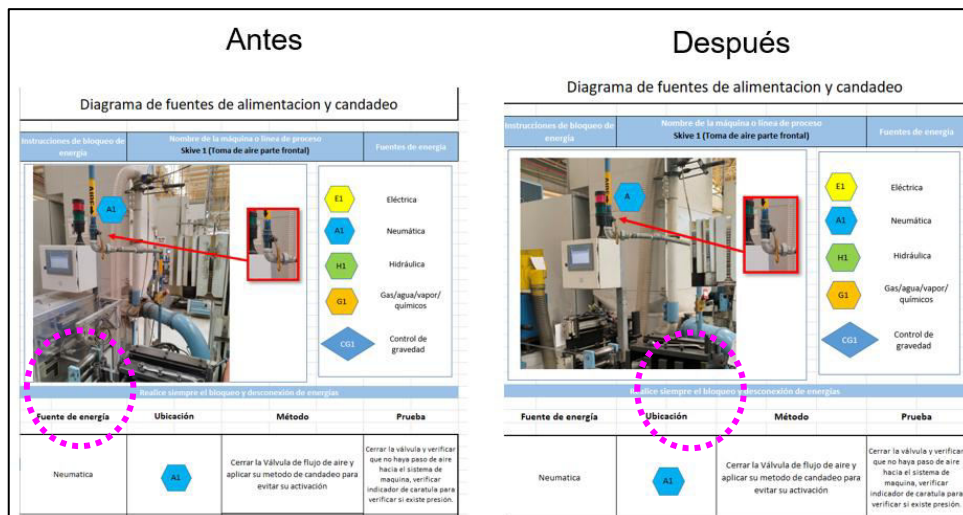


Ilustración 19. Comparativa antes y después diagrama de candeeo Skive 1 (toma de aire parte trasera)

Fuente: Propia

Por último, la Ilustración 20, muestra la comparativa del área de soldadura, donde se observa la eliminación de un tablero de control que contenía un botón de paro de emergencia identificado como E2. Al eliminar dicho tablero, también se eliminó de la tabla correspondiente la fuente de energía E2, junto con su ubicación, el método de bloqueo y la prueba para la desconexión de dicha energía.

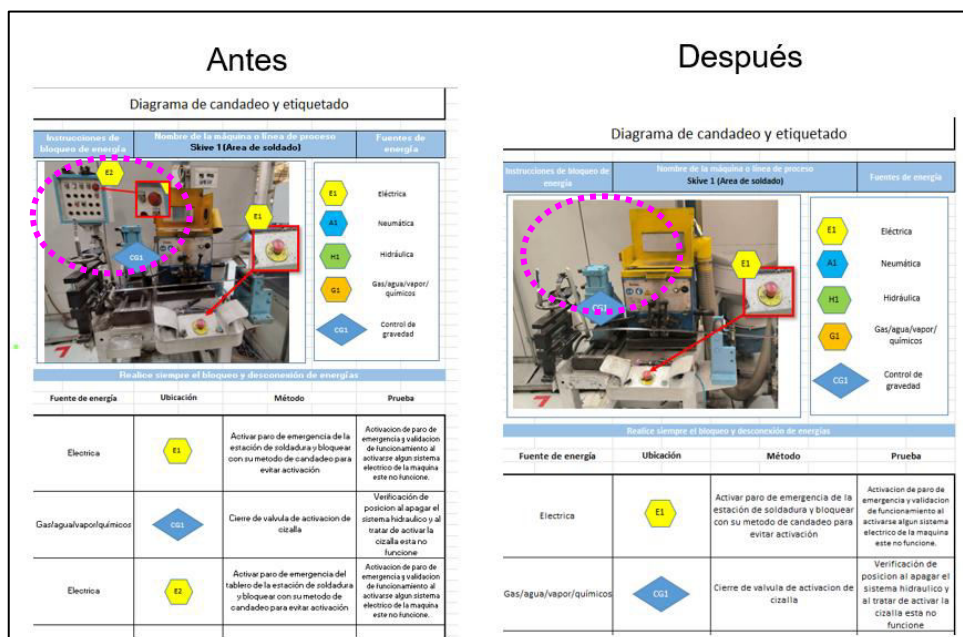


Ilustración 20. Comparativa antes y después diagrama de candeeo Skive 1 (área de soldado)

Fuente: Propia

La máquina Bihler 2 está compuesta por 4 áreas consideradas para la realización del diagrama de candado las cuales son parte delantera, banda transportadora, desembobinador y parte trasera, de estas áreas la única que ha sufrido modificaciones es la parte delantera esto porque se cambió la base donde se colocan las muelas, además de que se eliminaron imanes donde se colocaba herramientas y se colocaron bases para el momento de la realización de cambio de modelo el operador puede colocar dentro de maquina en una de las paredes los discos que se están cambiando. En la Ilustración 21, se observan el antes y después del estándar de diagrama de candado parte delantera para Bihler 2.

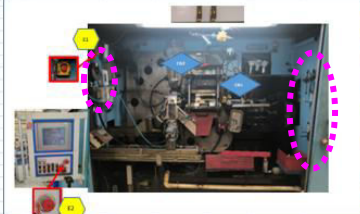
Antes				Después			
Diagrama de candado y etiquetado				Diagrama de candado y etiquetado			
Instrucciones de bloqueo de energía	Nombre de la máquina o línea de proceso BIHLER 2 (parte delantera)		Fuentes de energía	Instrucciones de bloqueo de energía	Nombre de la máquina o línea de proceso BIHLER 2 (parte delantera)		Fuentes de energía
			 Eléctrica  Neumática  Hidráulica  Gas/agua/vapor/químicos  Control de gravedad				 Eléctrica  Neumática  Hidráulica  Gas/agua/vapor/químicos  Control de gravedad
Realice siempre el bloqueo y desconexión de energías				Realice siempre el bloqueo y desconexión de energías			
Fuente de energía	Ubicación	Método	Prueba	Fuente de energía	Ubicación	Método	Prueba
Eléctrica		Activación de paro de emergencia y candado para bloquear desactivación	Activación de paro de emergencia y validación de funcionamiento al activarse algún botón de control eléctrico, que este no funcione.	Eléctrica		Activación de paro de emergencia y candado para bloquear desactivación	Activación de paro de emergencia y validación de funcionamiento al activarse algún botón de control eléctrico, que este no funcione.
Eléctrica		Activación de paro de emergencia y candado para bloquear desactivación	Activación de paro de emergencia y validación de funcionamiento al activarse algún botón de control eléctrico, que este no funcione.	Eléctrica		Activación de paro de emergencia y candado para bloquear desactivación	Activación de paro de emergencia y validación de funcionamiento al activarse algún botón de control eléctrico, que este no funcione.
Control de gravedad		Cierre y candado de válvula principal neumático	Verificación de posición al apagar el sistema neumático en cuanto a prensa y verificar que al activarla esta no realice ningún funcionamiento	Control de gravedad		Cierre y candado de válvula principal neumático	Verificación de posición al apagar el sistema neumático en cuanto a prensa y verificar que al activarla esta no realice ningún funcionamiento

Ilustración 21. Comparación del estándar diagrama de candado actualizado con el anterior Bihler 2

Fuente: Propia

El estándar de mapa de riesgo para Skive 1 se encuentra dividido en 4 áreas la cuales son área de soldado, desembobinador, mesa de trabajo y embobinador. Este estándar solo sufrió modificaciones en el área de soldado la Ilustración 22, muestra el antes y el después en él se modificó la foto que se tenía puesto que en el después se aprecia un tablero de control que en la actualidad ya no se encuentra, así como una guarda que fue retirada.

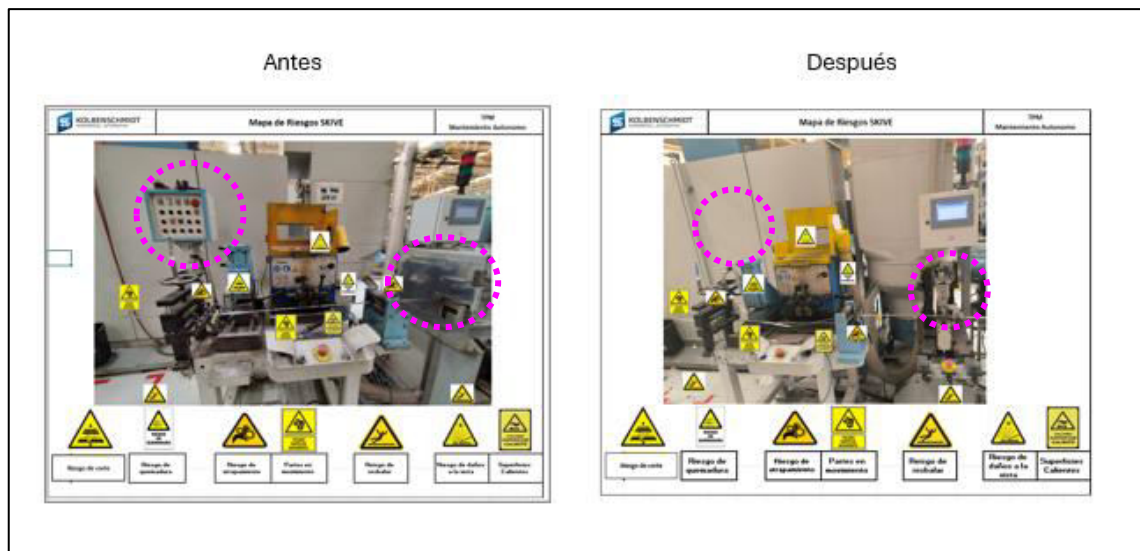


Ilustración 22. Mapa de riesgos Skive 1

Fuente: Propia

En Bihler 2 se tienen identificadas 6 áreas para el estándar de mapa de riesgos estas son parte delantera, parte trasera, alimentación, frente lavadora, lavadora parte trasera y banda transportadora, se actualizaron todos los estándares menos el de banda transportadora, debido a que este último es el único que no ha sufrido cambios en el área.

En la Ilustración 23, observamos la comparativa del mapa de riesgos de antes y el después de actualizarse específicamente del área parte delantera de la máquina Bihler 2 existen cambios visibles como la eliminación de imanes dentro de máquina los cuales tenían como función la colocación de herramientas, en lugar de ellas se colocaron bases que facilitan el cambio de modelo al poder colocar las levas.

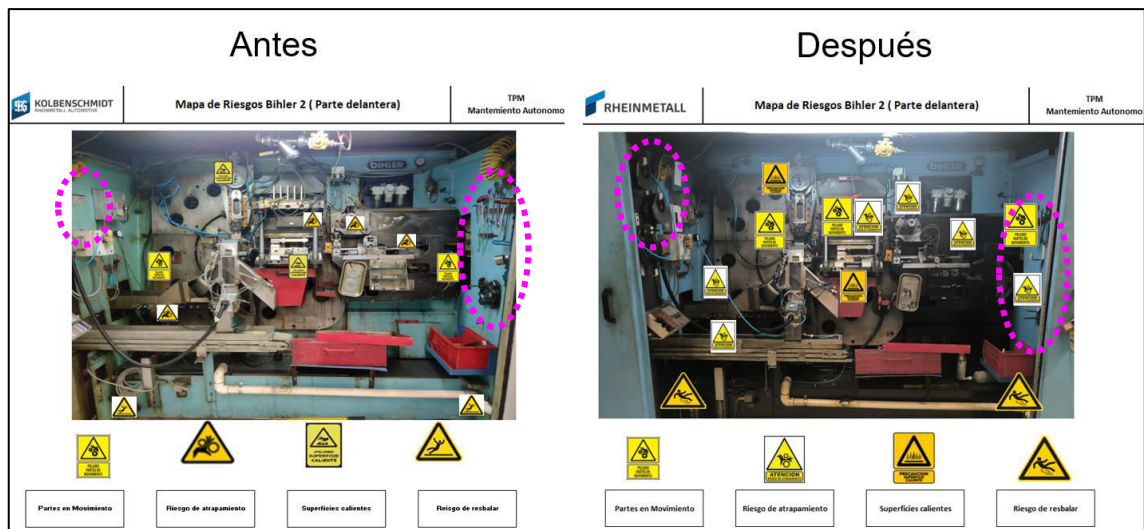


Ilustración 23. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (parte delantera)

Fuente: Propia

El área de parte trasera de Bihler 2 sufrió cambios con la colocación de un resorte que permite la organización de los cables de la maquinaria lo que facilita la inspección y limpieza de esta, además de la eliminación de un imán presente dentro de la máquina el cual era utilizado para la colocación de herramientas utilizadas durante el cambio de modelo, esto lo podemos observar en la Ilustración 24.

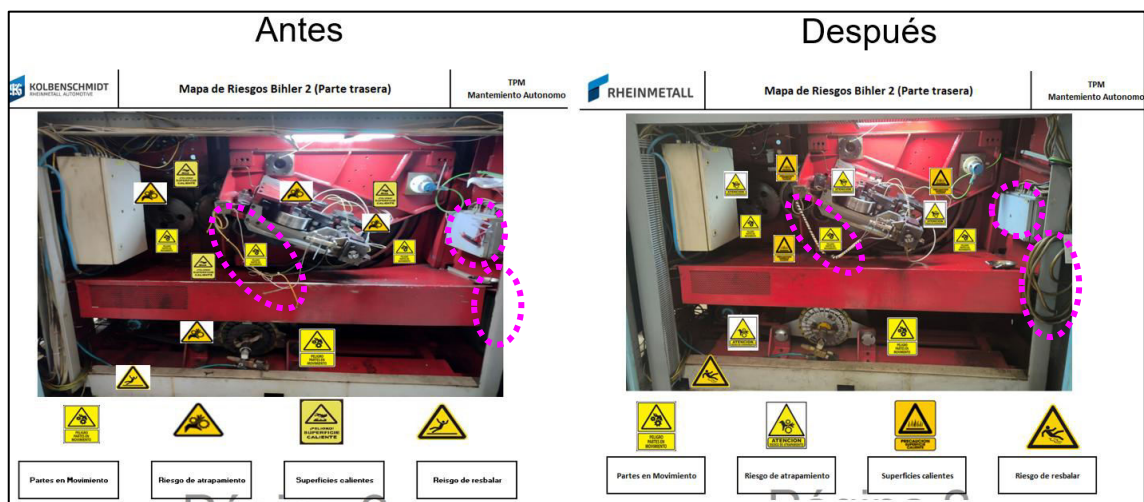


Ilustración 24. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (parte trasera)

Fuente: Propia

La siguiente área que se muestra es la de alimentación en esta se agregaron bases para la colocación de herramientas a un lado del plato desbobinador estos cambios los podemos observar en la Ilustración 25.

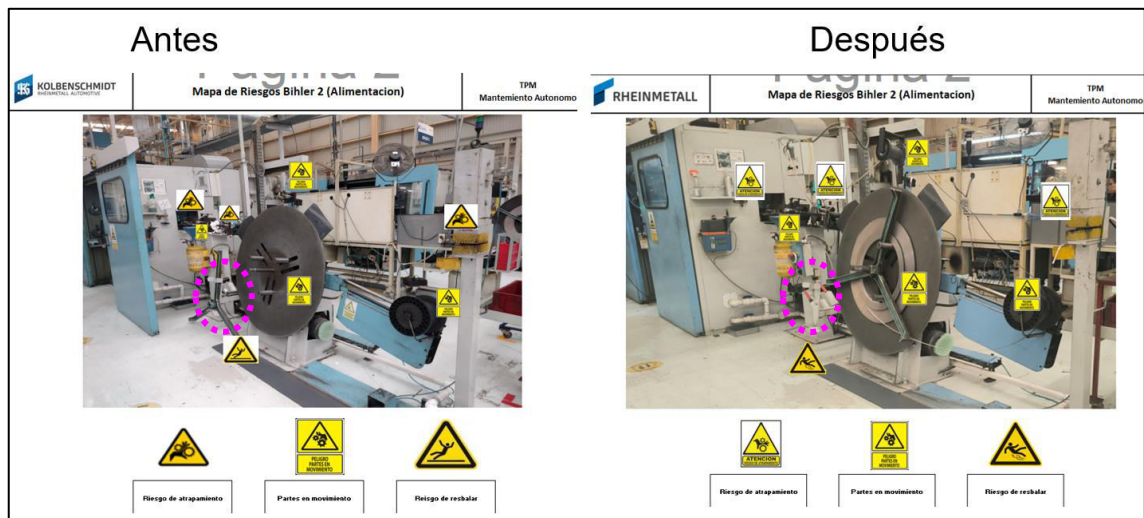


Ilustración 25. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (alimentación)

Fuente: Propia

El área de frente lavadora tuvo cambios al realizarse la eliminación del intercambiador de cajas, el cual se encargaba de cargar cajas vacías que al llenarse mediante un sensor de peso se realiza el cambio a una caja nueva que evita que las piezas caigan al suelo la Ilustración 26, muestra los cambios mencionados.

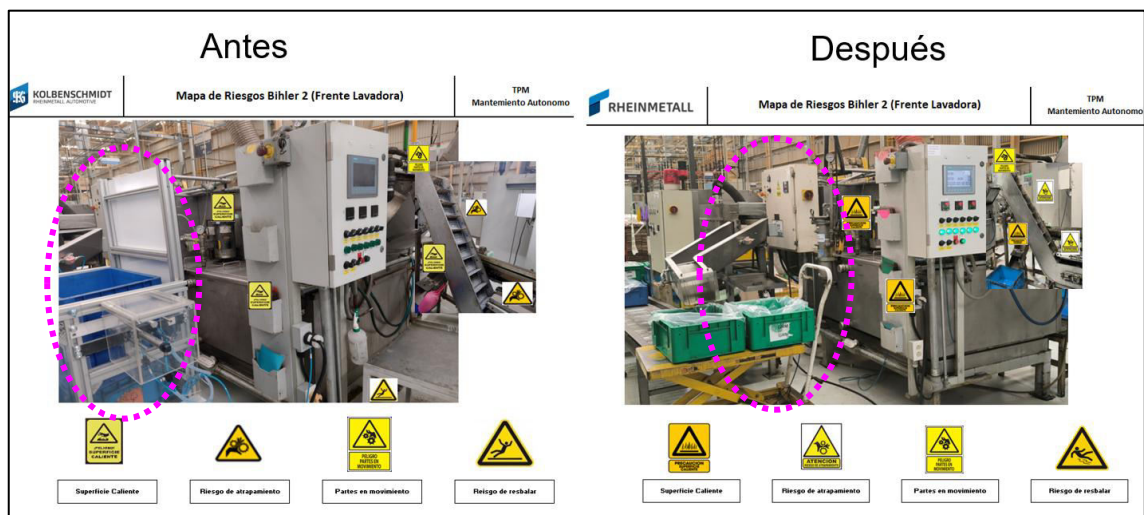


Ilustración 26. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (frente lavadora)

Fuente: Propia

La Ilustración 27, muestra el antes y el después del mapa de riesgos para Bihler 2 del área lavadora parte trasera donde se actualizo la foto de la parte trasera de máquina, ya que se retiró una viga de apoyo que sostenía un motor esta base se modificó para un mejor aprovechamiento del espacio.

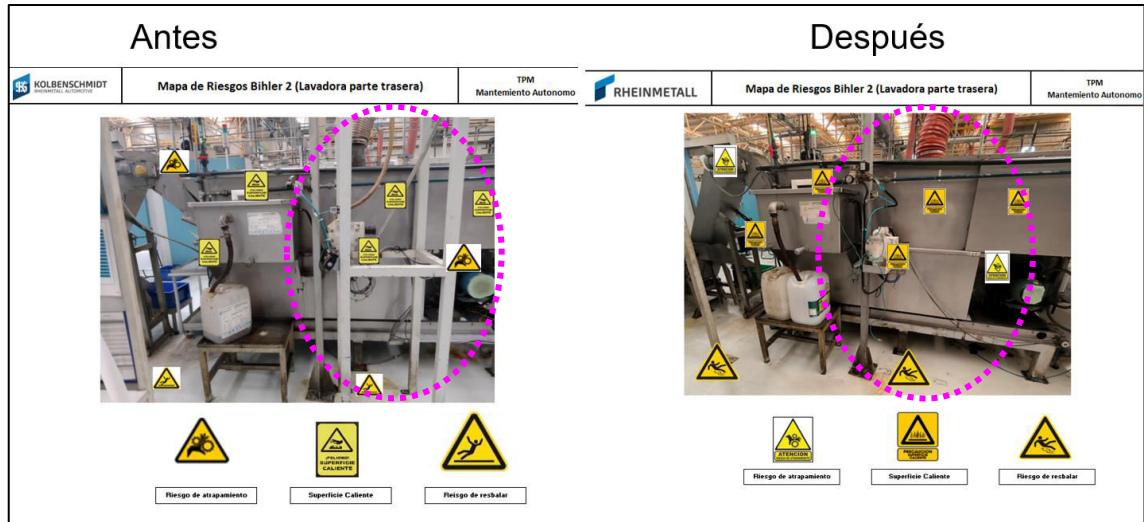


Ilustración 27. Comparativa antes y después mapa de riesgo Bihler 2 (lavadora parte trasera)

Fuente: Propia

Se mejoro el proceso de consulta para la realización de mantenimiento autónomo de los operadores al tener actualizado el AM calendar puesto que ya no es necesario llenar el formato físico de CIL's, ya se ahora se encuentra en plataforma el SOP que indica como realizar la inspección lubricación, limpieza y reapriete en cada componente, así como el periodo de tiempo en el que se debe realizar, en la Ilustración 28, se observa la actualización donde se agregó el SOP de los componentes.

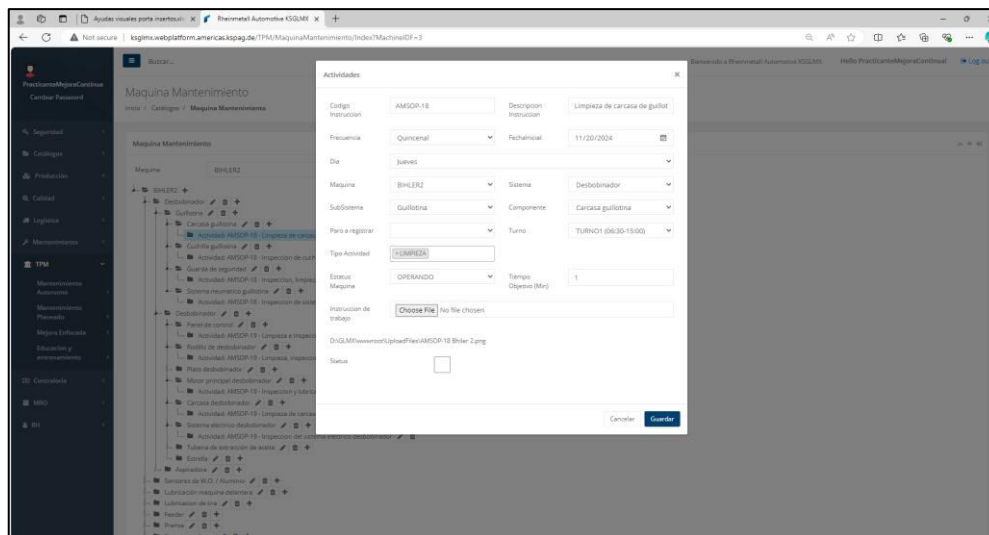


Ilustración 28. SOP implementado en plataforma de AM calendar

Fuente: Propia

En la Ilustración 29, se presenta el levantamiento de tarjetas de TPM donde se describen las anomalías presentes en máquina en este caso para Skive 1.



Ilustración 29. Levantamiento de tarjetas de anomalías Skive 1

Fuente: Propia

Al identificarse las anomalías se elaboró un *layout* que muestra de manera visual el lugar en máquina donde se encuentran presentes cada una de las anomalías, se identificaron anomalías de tipo fuente de suciedad, lugar de difícil acceso, anomalías de seguridad y anomalías de calidad. Como se muestra en la Ilustración 30, se presentan cuatro anomalías de fuentes de suciedad.

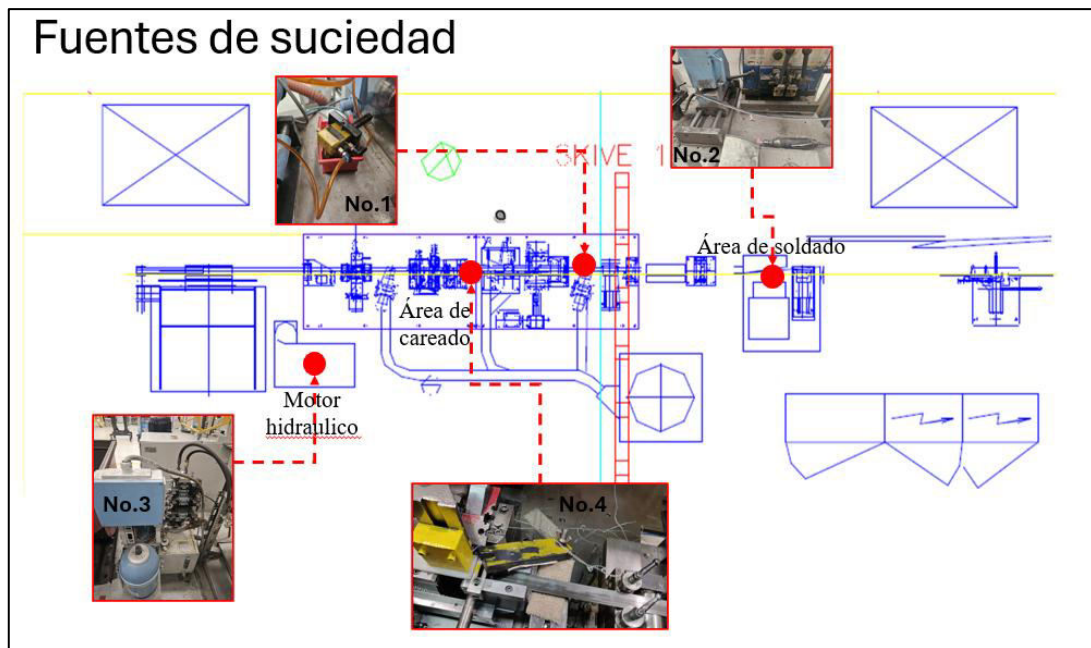


Ilustración 30. Anomalías de fuentes de suciedad Skive 1

Fuente: Propia

La primera fuente de suciedad identificada se encuentra en la mesa del trabajo en el cepillo 1 con el aceitador de guías, puesto que la manguera que se encarga de lubricar el material provoca esta fuente de suciedad debido a la falta de control para la cantidad de aceite requerida, existe un contenedor para el derrame de aceite, sin embargo, este es muy pequeño y se llena con facilidad además de que genera manchas en la mesa de trabajo. La Ilustración 31, muestra un acercamiento realizado para una visualización más clara de la fuente de suciedad No. 1.

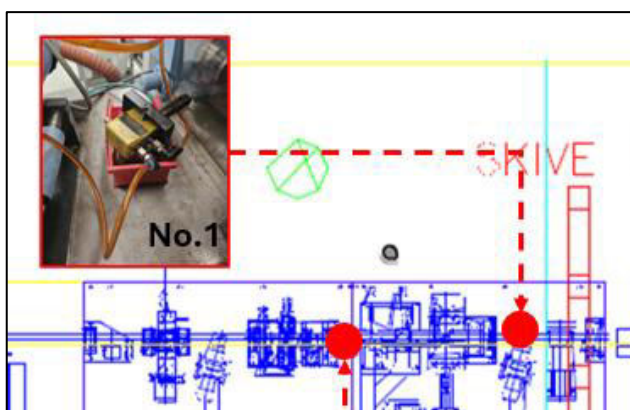


Ilustración 31. Fuente de suciedad No.1 aceitador de guías

Fuente: Propia

La siguiente fuente de suciedad identificada es en la mesa de trabajo en el área de soldado, se realiza el soldado cuando esta por finalizar una bobina y se requiere la colocación de una nueva con las mismas características a la anterior, se unen los extremos de cada una mediante el soldado posterior a ello se realiza el pulido para la eliminación de imperfecciones esto genera la creación de rebaba que se esparce por el área y dificulta su limpieza puesto que no existe algo que la contenga. En la Ilustración 32, muestra el área de soldado fuente de suciedad No.2.

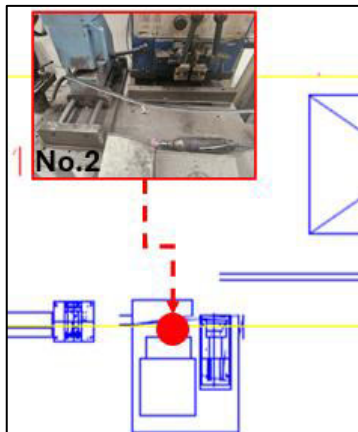


Ilustración 32. Fuente de suciedad No.2 soldador

Fuente: Propia

Como tercer fuente de suciedad observamos la alimentación eléctrica y mecánica de los embobinadores y rodillos mediante el motor principal de la máquina, este presenta acumulación de polvo y fuga de aceite que no ha sido identificada debido a que parte del motor se encuentra cubierto. Esta la podemos observar en la Ilustración 33, No.3 fuente de suciedad motor de alimentación.

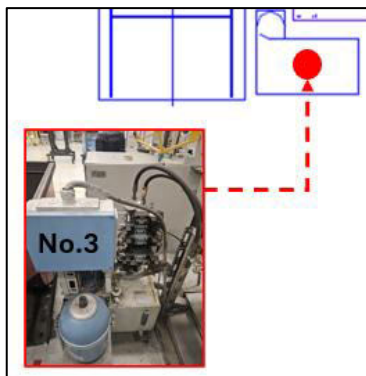


Ilustración 33. Fuente de suciedad No.3 alimentación

Fuente: Propia

Como fuente de suciedad No.4 se presenta la generación de viruta de rebaba generada durante el proceso de desbaste del material acero – aluminio con los insertos esta se genera en la mesa de trabajo específicamente en las guías y el puente rodillos ver Ilustración 34.

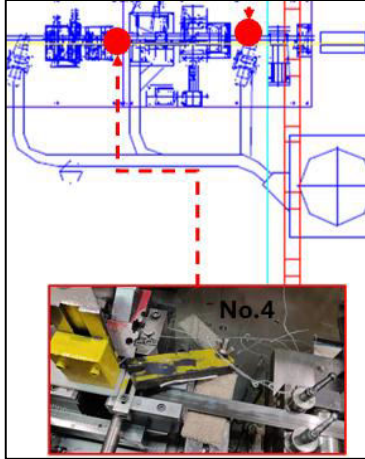


Ilustración 34. Fuente de suciedad No.4 Guías mesa de trabajo

Fuente: Propia

La Ilustración 35, muestra el *layout* de anomalías de difícil acceso en esta se dificulta la realización de actividades, dentro del proceso, la limpieza o inspección requerida en máquina.

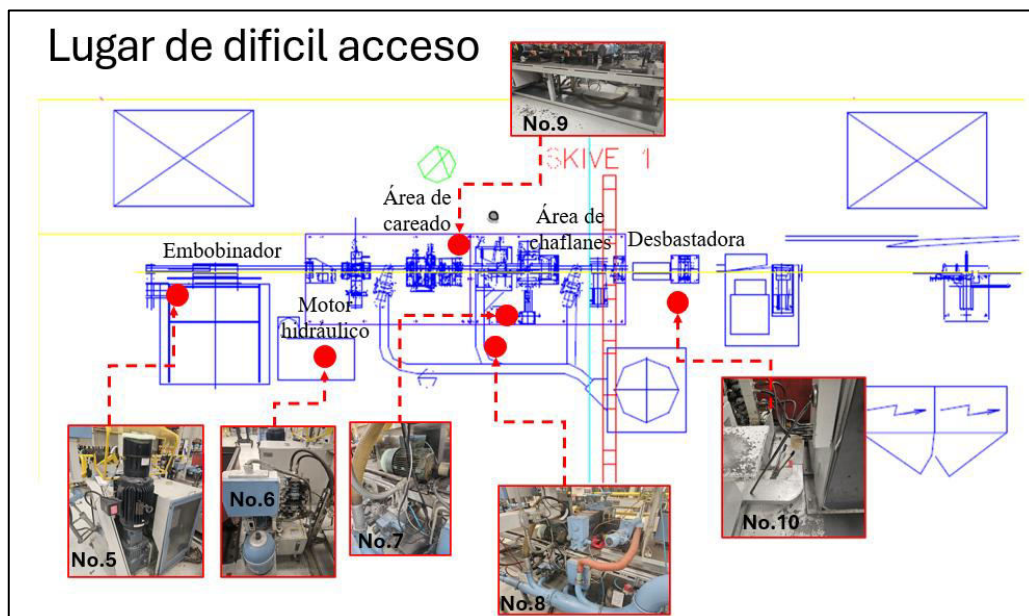


Ilustración 35. Anomalías lugar de difícil acceso Skive 1

Fuente: Propia

Se identificaron anomalías de lugar de difícil acceso ya que se dificulta la limpieza del motor debido a que se encuentra en la parte de atrás de la máquina además de que se tiene una guarda que cubre parte del motor lo que provoca que el polvo se guarde dentro, además de que se dificulta la inspección y la realización del cambio de filtro. Ver Ilustración 36.

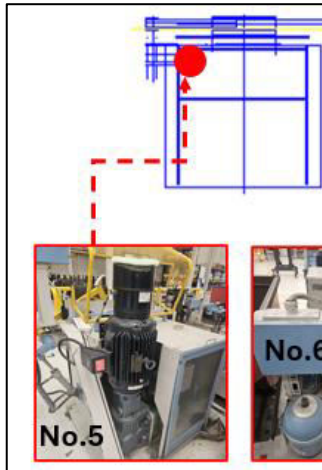


Ilustración 36. Dificil acceso No.5 motor principal

Fuente: Propia

La ilustración 37, muestra un área de difícil acceso en la parte trasera de la máquina debido a la cantidad de tuberías y cables expuestos que se encuentran, además de que existen derrames de aceite y virutas de rebaba que no que caen de la mesa de trabajo.

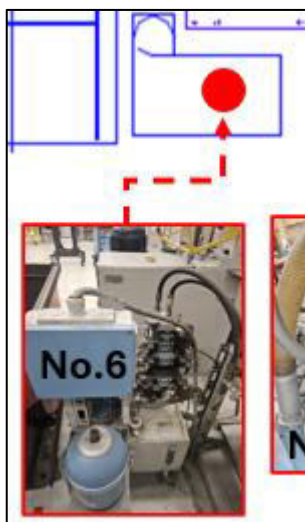


Ilustración 37. Dificil acceso No.6 motor hidráulico

Fuente: Propia

Motor existente en la mesa de trabajo cubierto de la parte frontal por una guarda, este motor se encarga de los rodillos que ajustan el ancho de la tira, para tener acceso a el de debe ingresar por la parte trasera de la máquina, en esta parte se genera acumulación de polvo, la limpieza se dificulta, así como la realización de inspección y cambio de filtro del motor. Ver Ilustración 38.

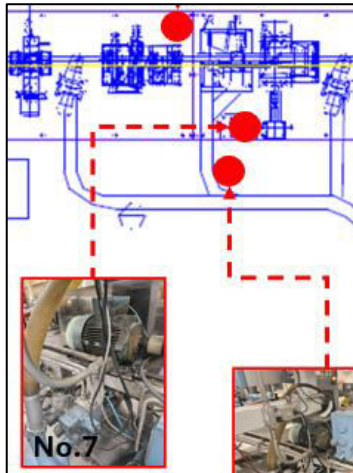


Ilustración 38. Dificil acceso No.7 motor de rodillos

Fuente: Propia

La Ilustración 39, muestra la parte trasera de máquina se encuentran tuberías, mangueras y cables no organizados que dificultan el acceso a la parte trasera de la mesa de trabajo para la inspección de los componentes existentes en el área.

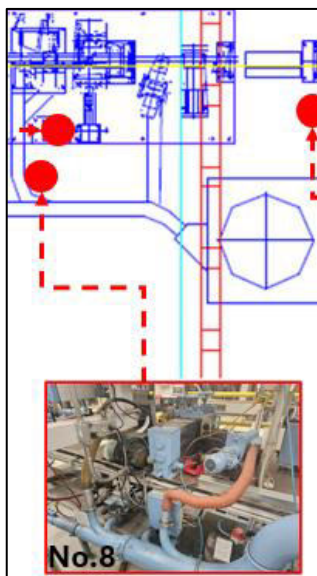


Ilustración 39. Dificil acceso No.8 Parte trasera

Fuente: Propia

La parte baja de la mesa de trabajo se observa en la Ilustración 40, está es un área anti ergonómica, es utilizada por los operadores para la colocación de cajas donde cae la rebaba, además de que se tienen mangueras para la succión de rebaba estas no se utilizan en todos los números de parte por lo que se deben conectar cada que se requieren para el proceso y se deben de desconectar cuando se termine de utilizarlas para actividad los operadores deben agacharse y manipular las mangueras por en la parte baja de la mesa de trabajo.

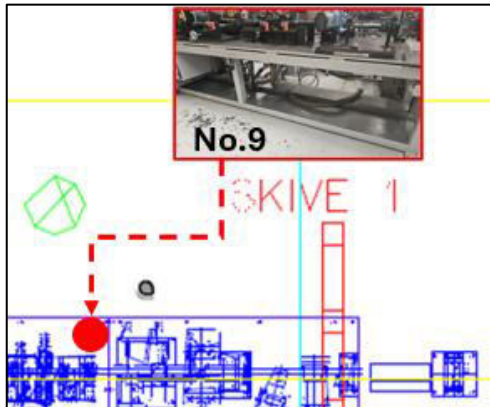


Ilustración 40. Difícil acceso No.9 Parte baja de mesa de trabajo

Fuente: Propia

Se identificó una zona de difícil acceso en el cableado de la máquina, ubicada entre el área de soldado y la desbastadora. Esta condición complica la realización de actividades de limpieza e inspección, debido al espacio reducido en esa sección. Ver Ilustración 41.

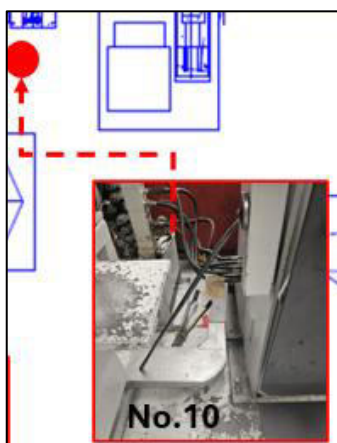


Ilustración 41. Difícil acceso No.9 Claveado de máquina

Fuente: Propia

Se identificó una anomalía de seguridad relacionada con el uso inadecuado de herramientas por parte de los operadores. Esta consiste en introducir la punta de una llave dentro de la manguera de succión de rebaba cuando esta se encuentra obstruida, acción que realizan mientras la máquina está en operación. La obstrucción se debe al tamaño y grosor de la viruta generada durante el maquinado de piezas de acero-aluminio, cuyo material produce tiras más gruesas que otros metales, ocasionando esta variación.

El hecho de que esta intervención se realice con la máquina en funcionamiento, y en una zona donde hay partes móviles cercanas a las mangueras, representa un riesgo significativo para la seguridad del operador. Ver Ilustración 42.

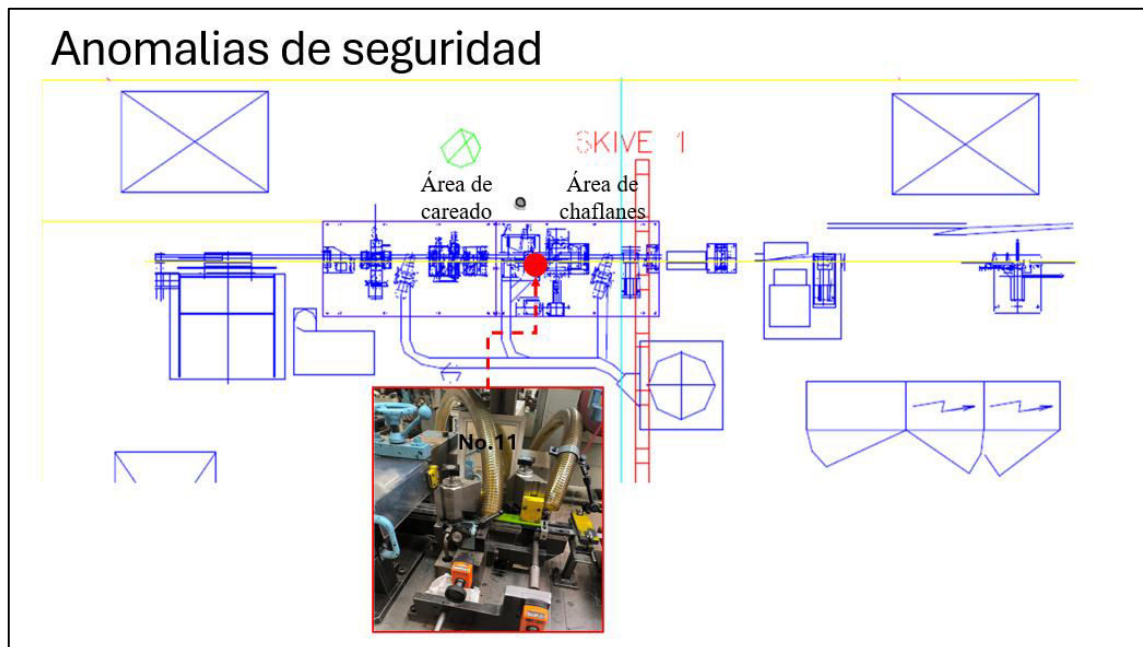


Ilustración 42. Anomalías de seguridad No.11 intervención en máquina

Fuente: Propia

Se detectaron anomalías de calidad en los portainsertos, atribuibles principalmente al procesamiento de tiras más gruesas de material. Este tipo de material genera un mayor desgaste en los portainsertos, lo cual reduce su vida útil y puede afectar la estabilidad del proceso. Adicionalmente, el residuo generado durante el corte o maquinado se deposita en las tiras, quedando pequeñas partículas adheridas que comprometen la calidad del producto final,

ya que pueden causar imperfecciones o contaminación del material, esta anomalía se puede observar en la Ilustración 43.

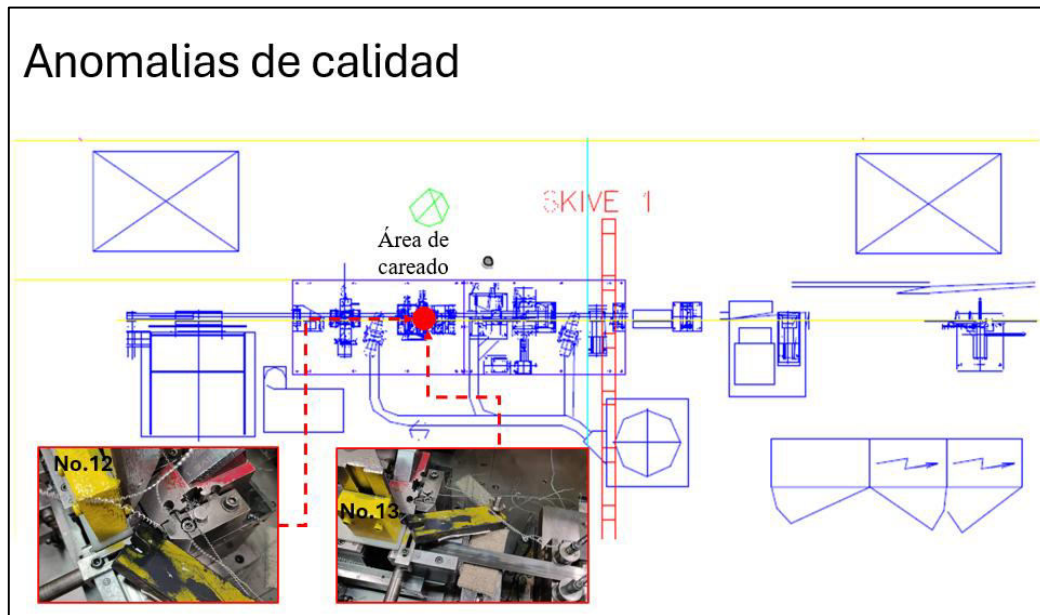


Ilustración 43. Anomalías de calidad No.12 y No.13 viruta

Fuente: Propia

En el Gráfico 1, se presenta el porcentaje de tarjetas de TPM pertenecientes a la máquina Bihler 2, se levantaron 10 tarjetas de las cuales el 40% que representan 4, ya han sido resultas y se han cerrado en plataforma, el 60% se encuentran en proceso de solución debido a que se están esperando elementos que serán instalados por proveedores para la solución de dichas tarjetas.

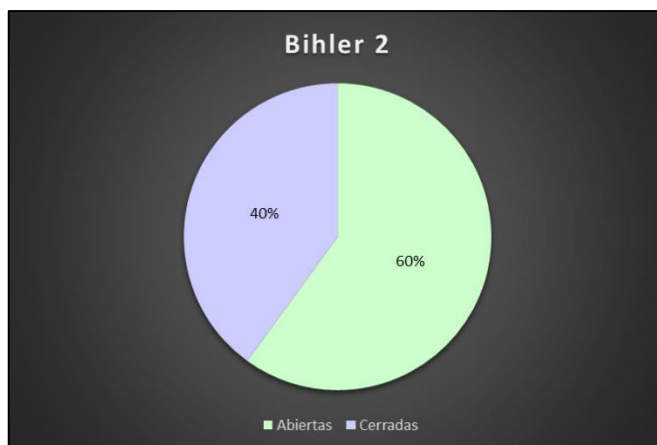


Gráfico 1. Cumplimiento de cierre de tarjetas TPM Bihler 2

Fuente: Propia

El Gráfico 2, contiene la cantidad de tarjetas de TPM cerradas y abiertas para Skive 1, teniendo un 58% de tarjetas cerradas, es decir, 7 tarjetas cerradas y un 42% de tarjetas abiertas que representan la cantidad de 5 tarjetas, así como con Bihler 2 las tarjetas abiertas de Skive 1 siguen en proceso de solución.

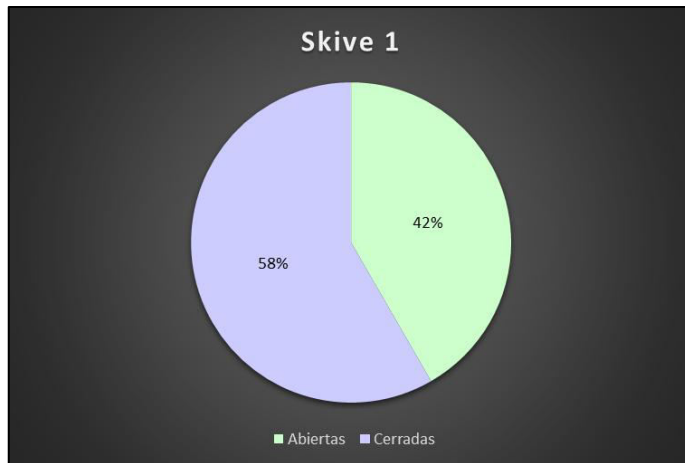


Gráfico 2. Cumplimiento de cierre de tarjetas TPM Skive 1

Fuente: Propia

5.1.2 Educación y entrenamiento

Como resultado de la participación en el pilar de educación y entrenamiento se muestra la lista de asistencia de las capacitaciones en TPM está la podemos observar en la Ilustración 25, las capacitaciones permitieron reforzar los conocimientos sobre la metodología TPM, además de conocer cómo se aplica dentro de la empresa permitiendo también tener un acercamiento con los operadores encargados de las máquinas en la que se desarrolló el proyecto.

GLEITLAGER CAPACITACIÓN
LISTA DE ASISTENCIA

CURSO	SMED		
OBJETIVO	Conocer metodología SMED para aplicación en Bihler 2 y Skive 1		
FECHA/S	5/6/9 de Septiembre 2024	LUGAR	Clova PPT
HORARIO	6:30am - 8am / 6:30 - 9:30	DURACION HORAS	9.5 hrs

NOMBRE Y FIRMA DEL INSTRUCTOR
Emanuel Ignacio Arredondo Carate

☒ FALTA
☐ ASISTENCIA

CODIGO	NOMBRE COMPLETO	DEPARTAMENTO	PUESTO	ASISTENCIA (DIAS)	FIRMA
140848	Jesús Enrique Bustamante Rico	Producción	Operador	5/6/9	
140849	José Mateo González Pérez	Producción	Operador	5/6/9	
930210	Maria Dolores González Zúñiga	Mantenimiento	Asistente	5/6/9	
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

OBSERVACIONES DEL INSTRUCTOR:

F10-PRIM

Ilustración 44. Lista de asistencia capacitación

Fuente: Propia

5.2 Reducir el tiempo de cambio de modelo desarrollando la ruta completa del SMED (Single Minute Exchange of Die) para Skive 1 y Bihler 2.

5.2.1 Ruta completa del SMED para Skive 1

5.2.1.1 Paso 0. Documentar los elementos actuales

La Ilustración 45, muestra la grabación del cambio de modelo realizado por la operadora Soledad donde se obtuvo una duración de 75 minutos con 2 segundos, esto representa un total de 228 actividades, debajo del video se muestran un gráfico circular que contiene tres colores, el color verde representa las actividades que agregan valor al proceso, de este se obtuvo un 6%, el color amarillo las actividades que semi agregan valor, obteniendo 6%, mientras que el rojo, son las actividades que no agregan valor para estas y la ponderación fue de 88%.

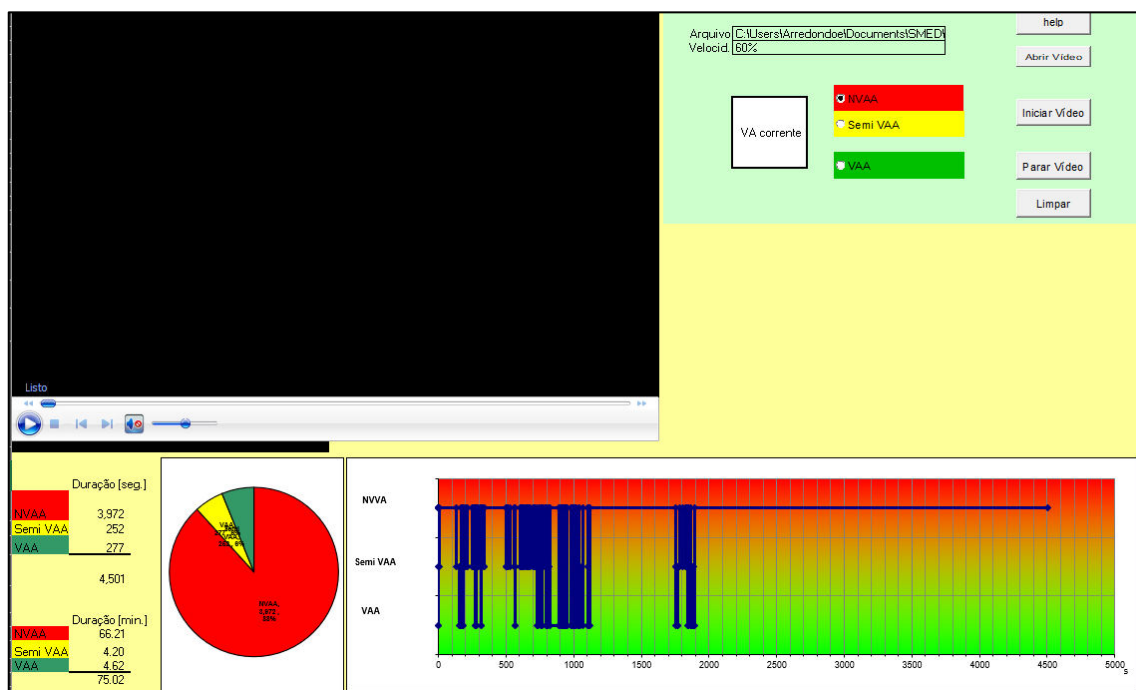


Ilustración 45. Cambio de modelo primer prueba Skive 1

Fuente: Propia

La Tabla 5, muestra la cantidad de actividades estratificadas en actividades que no agregan valor, actividades que semi agregan valor y actividades que agregan valor, así como el porcentaje respectivo y el tipo total de las mismas.

Tabla 5. Clasificación de actividades Skive 1

Valor	Porcentaje	No. de Actividades	Tiempo (Segundos)
Valor no agregado	88%	200	277
Semi valor agregado	6%	14	252
Valor agregado	6%	14	3972
Total	100%	228	4501

Fuente: Propia

5.2.1.2 Paso 1. Separar actividades internas y externas

Como se mencionó con anterioridad se obtuvieron un total de 228 actividades mismas que se dividieron en actividades internas y externas, como lo muestra la Ilustración 46, esto nos da como resultado un total de 71 actividades externas y 157 actividades internas. Así mismo, se muestra el diagrama de flujo realizado, que indica que tipos de actividades engloban el

proceso para una visualización completa de la lista de actividades, revisar el Anexo 1.

ANTES					ANALISIS										
No	ACTIVIDADES	TIEMPO (seg)	EA	IA	VA	SVA	NVA					MEJORAS			
										ELIMINAR	COMBINAR	REESTABLECER	SIMPLIFICAR		
1	Seleccionar herramientas	3.47	x												
2	Caminar y abrir guarda de seg	2.83	x												
3	Desmontar estrella	14.56		x											
4	Girar desbobinador	2.66		x											
5	Caminar e inspeccionar bobinas	3.08	x												
6	Caminar y buscar polipasto	5.30	x												
7	Ajustar eslinga	4.06	x												
8	Seleccionar bobina	4.38	x												
9	Ajustar eslinga	16.82	x												
10	Cargar bobina e inspeccionar	7.96	x												
11	Colocar en desbobinador	7.44		x											
12	Quitar polipasto	2.75	x												
13	Colocar polipasto en base	15.05	x												
14	Caminar y colocar estrella	5.50	x												
15	Cerrar guarda y girar desbobinador	10.25		x											
16	Abrir guarda	4.93		x											
17	Cortar alambres de bobina y girar desb	11.41	x												
18	Cerrar guarda de seguridad	9.02		x											

Ilustración 46. ECRS resultados Skive 1

Fuente: Propia

El Gráfico 4, muestra el porcentaje de actividades internas y externas identificadas en el proceso, obteniendo un 31% de actividades internas que representan un total de 71 actividades, mientras que se obtuvo un 69% de actividades externas siendo éstas un total de 157 actividades externas.

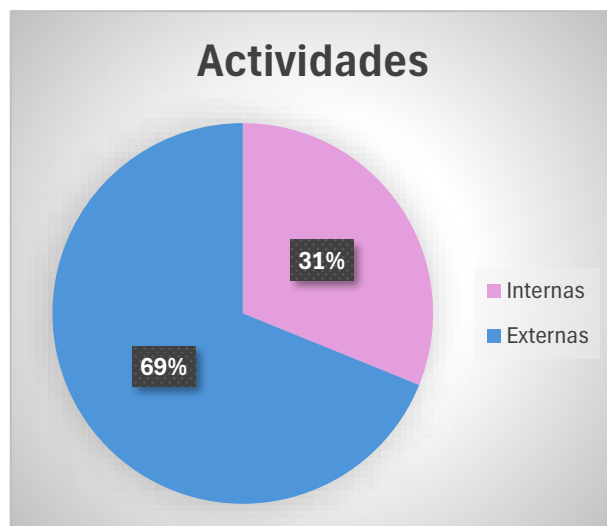


Gráfico 3. Actividades internas y externas Skive 1

Fuente: Propia

5.2.1.3 Paso 2. Cambiar las actividades internas a externas

En la Ilustración 47, se observa el diagrama de *spaghetti* realizado del recorrido presentado por el operador, al analizarlo se aprecia el área donde se centran la mayoría de los traslados, es decir, en la mesa de trabajo donde se encuentra el tablero, pues es ahí donde se manipula la tira de material para pasar por los rodillos, encontrándose las herramientas cerca en los cajones de la mesa de trabajo. Se han identificado áreas de oportunidad pues existen traslados que se eliminan al combinar algunas actividades.

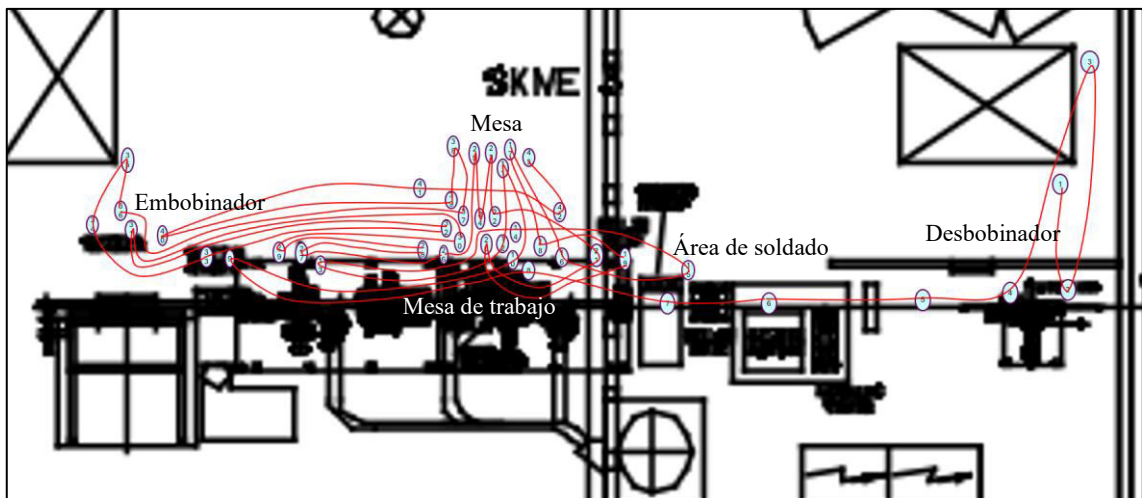


Ilustración 47. Diagrama de *spaghetti* Skive 1

Fuente: Propia

No existe ninguna actividad interna que se pueda cambiar a externa, esto debido a que se requiere que el equipo esté en funcionamiento para que pueda posicionarse el material a lo largo de la máquina y realizar los ajustes pertinentes, revisando las instrucciones de trabajo se aprecia que ya están identificadas todas las actividades externas que se pueden realizar.

5.2.1.4 Paso 3. Localizar actividades paralelas

Se identificaron actividades paralelas al inicio del proceso puesto que el operador líder puede realizar el desajuste de rodillos, seguros, opresor, quitar separadores, guías e insertos, mientras el operador en turno realiza el desmontado de estrella para retirar la bobina, elige una nueva bobina, utiliza el polipasto para mover la nueva bobina y colocarla en la base del desbobinador, estas fueron todas las actividades en paralelo que se pudieron localizar debido a que el proceso es sencillo y para la realización de las demás actividades,

además, que al estar en funcionamiento la máquina podría ocurrir algún accidente por la manipulación de dos personas al mismo tiempo.

5.2.1.5 Paso 4. Optimizar actividades internas y externas, aplicar 5's

La Tabla 6, presenta la lista de actividades planificadas para llevar a cabo la implementación de las 5S. Se identificaron un total de 13 actividades. Cada actividad realizada representa un avance del 7.69% en el proceso de implementación. El porcentaje correspondiente a cada actividad se suma según la "S" a la que pertenece, con el fin de determinar el nivel de cumplimiento individual por etapa. Una vez completadas todas las actividades, se alcanza un cumplimiento total del 100%.

Tabla 6. Actividades de implementación 5's

No.	Actividad	Total	Observaciones
Seleccionar		23.07%	Se encontraron herramientas que pertenecen a otras máquinas.
1	Revisar cajones de herramientas, y área perteneciente a máquina.	SI	
2	Separar elementos necesarios e innecesarios.	SI	
3	Eliminar elementos innecesarios.	SI	Existen espacios en las espumas que no se sabe a qué herramienta pertenecen.
Orden		38.45%	
4	Elegir elementos según su frecuencia de uso para cada cajón.	SI	
5	Pintar porta insertos como ayuda visual.	SI	
6	Cambiar espumas en mal estado.	SI	
7	Colocar etiquetas del nombre de la herramienta que se colocan en cajones.	SI	
8	Asignar un nuevo espacio para colocar los espaciadores.	SI	Se programo paro en maquina con producción.
Limpieza		15.38%	
10	Limpiar cajones y herramientas.	SI	
11	Realizar limpieza en máquina.	SI	
Estandarizar		7.69%	
12	Elaborar estándar de imagen.	SI	
Disciplina		7.69%	
13	Mostrar a operadores el <i>check list</i> elaborado con instrucciones de limpieza diarias, explicar su función y como deben llenarlo.	SI	
Cumplimiento total		100%	

Fuente: Propia

5.2.1.6 Paso 5. Implementar plan

Se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de las 5's:

- Selección (Seiri): Para llevar a cabo la primera se pidió apoyo a la operadora Sol que seleccionara las herramientas que son indispensables en el cambio de modelo para un acero – aluminio puesto que este es el material que se utiliza con más frecuencia. Estas herramientas se muestran en la Ilustración 48.



Ilustración 48. Herramientas utilizadas para un cambio de modelo

Fuente: Propia

- Orden (Seiton): Se ordenaron las herramientas según la frecuencia de utilización colocando en el primer cajón las más utilizadas, ver Ilustración 49, y en los cajones posteriores las menos utilizadas.



Ilustración 49. Herramienta primer cajón

Fuente: Propia

La Ilustración 50, nos muestra el antes y el después de la aplicación del orden, se colocaron etiquetas con los nombres de las herramientas, se revisó el estado de las espumas que se encuentran en los cajones, las que estaban dañadas se cambiaron, además, se etiquetó el lugar donde se colocó cada herramienta.

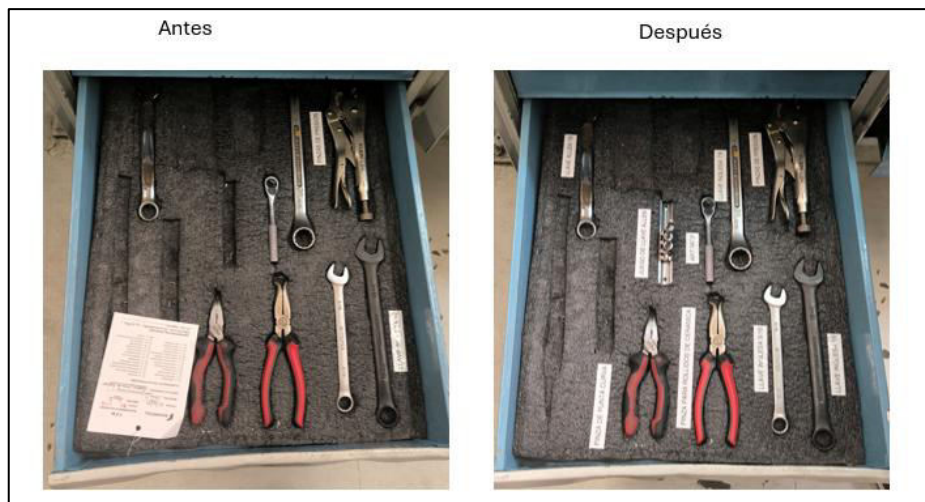


Ilustración 50. Aplicación de orden comparativa

Fuente: Propia

Otro punto importante fue ayuda visual generada pintando los portainsertos, asignando un color para cada medida esto, para una identificación más rápida como se muestra en la Ilustración 51, se revisó el estado de las espumas que se encuentran en los cajones las que estaban dañadas se cambiaron, además se etiqueto el lugar donde se colocó cada herramienta.

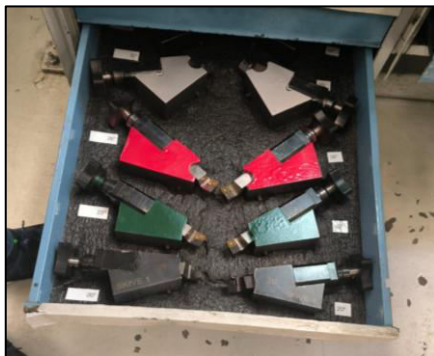


Ilustración 51. Ayuda visual en portainsertos

Fuente: Propia

- Limpieza (Seiso): En la primera limpieza programada nos enfocamos en los cajones que se encuentran en la mesa de trabajo de Skive 1, esto con apoyo de los operadores la Ilustración 52, muestra la comparativa del antes y después de la realización de limpieza y orden de las herramientas.

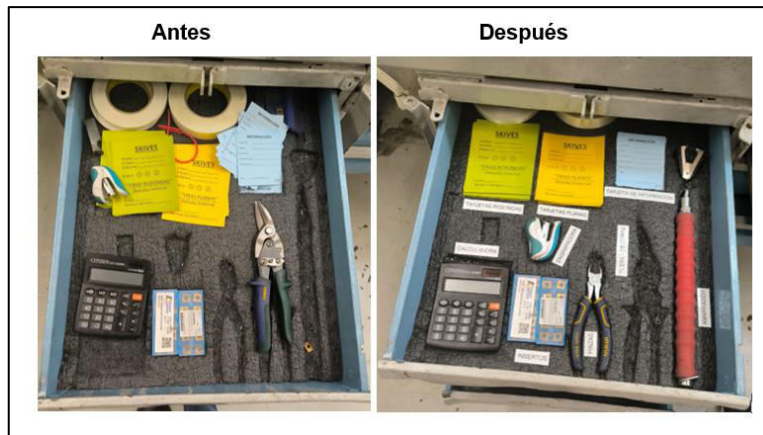


Ilustración 52. Comparativa después de limpieza en cajones

Fuente: Propia

- Estandarización (Seiketsu): La Ilustración 53, muestra el estándar de imagen realizado para mostrar a los operadores como deben de mantener el área de trabajo organizado y limpio.



Ilustración 53. Estándar General de Imagen 5's Skive 1

Fuente: Propia

- Disciplina (Shitsuke): Por último, se elaboró un *check list* que contiene las instrucciones de limpieza que deben realizar diariamente los operadores para mantener el área de trabajo limpia y ordenada, además de fotos respectivas a cada uno de los pasos, está compuesta por dos hojas las cuales se muestran en la Ilustración 54.

RHEINMETALL				APLICACIÓN DE 5'S Máquina: Skive 1				KAZZBIN			
Nivel de revisión	0	Escrito por	Mejora Continua		Instrucción de Limpieza	1 de 2		FRECUCIA			
Fecha de revisión	28/10/2024	Aprobado por	Responsable del Área:		DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL	MES		FRECUCIA			
TURNO		OBSERVACIONES SI DURANTE LA LIMPIEZA ENCUENTRA DAÑOS REPORTE AL ÁREA DE MEJORA CONTINUA									
INSTRUCCIÓN DE LIMPIEZA											
1		Ordenar Herramientas, Rack's de Material en Proceso de Inspección y Entrada de Material así como equipos de Medición en los espacios asignados.		DIARIO FIN DE CADA TURNO		4 min		OBSERVACIONES:			
2		Limpiar suciedad acumulada en soldadora y al finalizar el turno dejar herramienta y careta en su lugar asignado.		DIARIO FIN DE CADA TURNO		6 min		OBSERVACIONES:			
3		Tirar basura, papeles, cintas usadas, scrap, trapos, botes de aceite, etc., en los contenedores. Trapear el área de trabajo y dejar piso libre de aceite.		DIARIO FIN DE CADA TURNO		20 min		OBSERVACIONES:			
4		Mantener ordenada la documentación utilizada en el proceso, Reporte de Actividad Diaria, Traveler, Check list 5's y CIL's, etc.,		DIARIO FIN DE CADA TURNO		1 min		OBSERVACIONES:			
5		Limpiar suciedad acumulada en canalera entre mesa y soldadora, base de soldadora, tolvas y rack de entrada y salida de material, así como limpiar debajo de estos contenedores.		DIARIO FIN DE CADA TURNO		10 min		OBSERVACIONES:			
6		Identificar y cambiar Linternas, engranajes y etiquetas dañadas en piso.		DIARIO FIN DE CADA TURNO		1 min		OBSERVACIONES:			
7		Limpiar suciedad acumulada de la aspiradora y del embobinador así como toda su base (carcasa).		DIARIO FIN DE CADA TURNO		15 min		OBSERVACIONES:			
8		Revisar y cambiar todas las etiquetas dañadas de las sustancias químicas o peligrosas con su etiqueta correspondiente que indiquen su grado de peligro.		DIARIO FIN DE CADA TURNO		2 min		OBSERVACIONES:			
9		Identificar materiales o equipos que no se usen con las tarjetas de 5's (7 tarjetas Rojas Seri).		DIARIO FIN DE CADA TURNO		2 min		OBSERVACIONES:			

Ilustración 54. Instrucciones de limpieza Skive 1

Fuente: Propia

5.2.1.7 Paso 6. Validar procedimiento

La Ilustración 55, muestra el segundo cambio de modelo realizado esta vez por el operador Jesús Bustamante, con el cual, obtuvimos un tiempo menor, recordando que para el primer cambio de modelo nuestra duración total fue de 75 minutos con 2 segundos, de los cuales 6 minutos con 10 segundos fueron dedicados a liberación de material, mientras que para el segundo cambio de modelo se obtuvo tiempo de 29 minutos con 32 segundos y un tiempo de liberación de 3 minutos con 56 segundos.

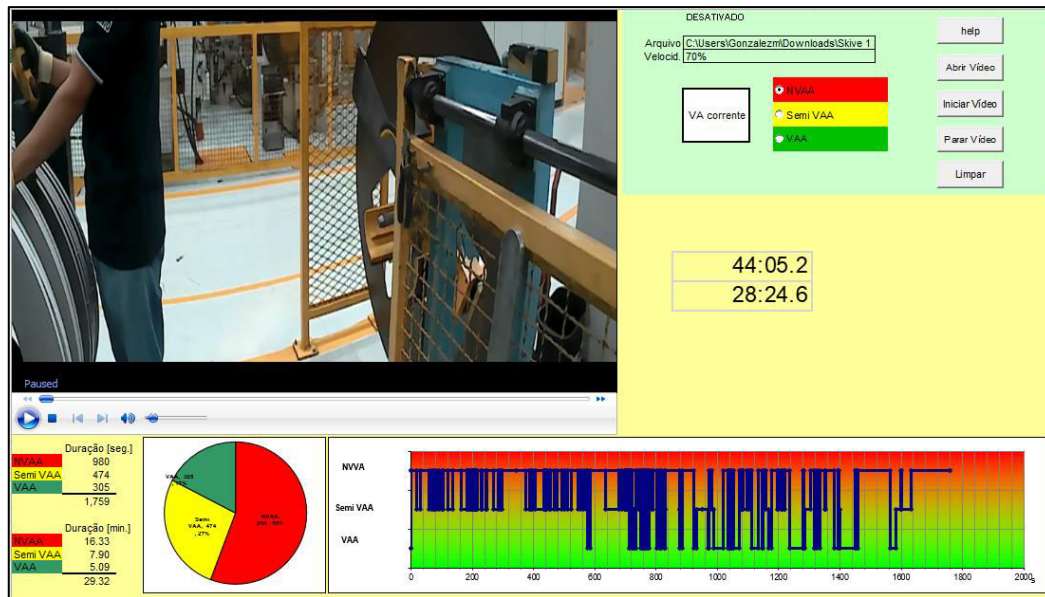


Ilustración 55. Cambio de modelo después de implementación SMED

Fuente: Propia

Para el cálculo del porcentaje de disminución se realizó la conversión de los tiempos de cambio de modelo a segundos y se aplicó la formula, mencionada en el apartado 4.4.2.1.7:

Tiempo original: 4502 segundos

Tiempo reducido: 1772 segundos

$$\text{Reducción (\%)} = \left[\frac{4502 - 1772}{4502} \right] \times 100 = 60.64\%$$

Con la aplicación de esta fórmula obtuvimos que nuestro porcentaje de reducción es de 60.64%, en la primera corrida realizada después de la implementación del SMED. Se tenía como objetivo alcanzar un 38% de reducción del tiempo, este objetivo se cumplió con satisfacción, aun así, se debe considerar que el tiempo podría reducirse aún más puesto que existen varios criterios a considerar, el primero es el tiempo de liberación de material que corresponde al equipo de calidad y los operadores no pueden controlarlo, pero se sigue considerando en el tiempo de cambio de modelo pues, de no ser liberado no se puede considerar terminado el cambio, otro punto a considerar, es la experiencia del operador, ya que un operador con más experiencia tienen

una mejor memoria sobre el orden de los pasos para realizar los ajustes y realiza menos traslados.

En la Ilustración 56, se observa el vaciado de actividades obtenidas del video analizador en el formato de la técnica ECRS, así como, los tiempos correspondientes para su análisis y comparación con los obtenidos en el primer video analizador, los resultados completos se encuentran en el Anexo 2.

No	ACTIVIDADES	TIEMPO (seg)	EA	IA	●	➔	■	■	▼	ELIMINAR	COMBINAR	REESTABLECER	SIMPLIFICAR
1	Cargar bobina con polipasto	56		x									
2	Colocar estrella	14.8		x									
3	Quitar alambres	62.33		x									
4	Pasar tira por enderezador	19.9		x									
5	ajuste de enderezador	6.72	x										
6	Paso de tira por cepillo y lubricador	7.68		x									
7	Caminar a enderezador	2.44	x										
8	Ajuste de enderezador	2.03		x									
9	Caminar a rodillos	2.85	x										
10	Acomodo de lubricador	3.48		x									
11	sacar herramienta	1.63	x										
12	Sacar herramienta	13.6	x										
13	Caminar a HMI	3.42	x										
14	Expulsar porta insertos	1.65		x									
15	Retirar barra de Nylamin	2.99		x									
16	Alojar rodillos guías	4.5	x										
17	Alojar alfombras de limpieza	3.2	x										
18	Caminar a rodillos	2.58	x										

Ilustración 56. ECRS segundo cambio de modelo Skive 1

Fuente: Propia

En el Gráfico 5, observamos la comparación de los resultados obtenidos en base a los videos analizados del cambio de modelo, se observa una disminución considerable de las actividades que no agregan valor reduciendo en un 87%, mientras que para las actividades que agregan valor y semi agregan valor hubo un aumento para las actividades que semi agregan valor en el primero cambio de modelo, dando un total de 14 actividades, para el segundo cambio, se obtuvieron 88 actividades lo que se traduce en un aumento del 15.90%, en las actividades que agregan valor el aumento fue de 32.55% obteniendo en el primer video un total de 14 actividades mientras que para el segundo la cantidad de actividades fue de 43.

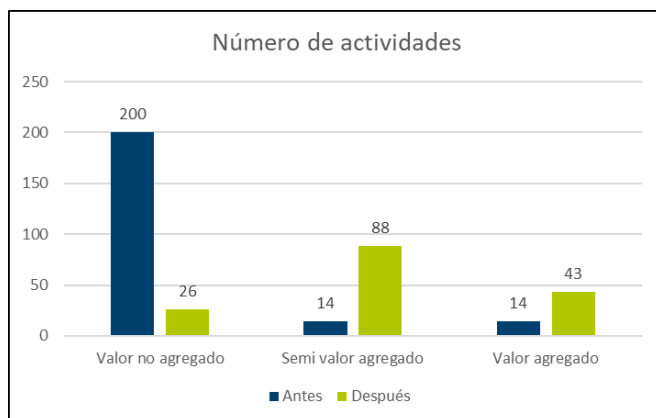


Gráfico 4. Comparativa entre resultados obtenidos del primer y segundo cambio de modelo

Fuente: Propia

5.2.1.8 Paso 7. Estandarizar

La Ilustración 57, muestra la actualización realizada a las instrucciones de trabajo en Skive 1, en estas se actualizaron fotos anteriores y algunos pasos, con base a los cambios implementados en el área de trabajo. Estos formatos no se habían actualizado desde agosto de 2018, la ilustración contiene el cuadro de cambios realizados desde la elaboración hasta la actualidad. En el Anexo 3, se encuentran las instrucciones de trabajo actualizadas.

Nombre de sub-operación (Qué):	Limpiar rodillos de guías	Símbolos:	Elaborado por: Hernandez	Nivel de revisión: 5
			Fecha elaboración: 14-Feb-18	Fecha revisión: 6-Jun-24
Descripción de la operación (Cómo)			Efectos de falla (Por qué)	
Con ayuda de una toalla, ubicadas abajo de la mesa  Limpiar los rodillos y base de guías para retirar suciedad con WD-40. 			Material sucio. Scrap de material Retraso de producción	
			Plan de reacción	
			Avisar al operador líder - líder de operación - área de mantenimiento.	
Instrucción: IT-IN-321		Sub-operación: 3-9	F01-PIN04	

Ilustración 57. Instrucciones de trabajo Skive 1

Fuente: Propia

5.2.2 Ruta completa del SMED para Bihler 2

5.2.2.1 Paso 0. Documentar los elementos actuales

La Ilustración 58, presenta la grabación del proceso de cambio de modelo llevado a cabo por el operador Luis, en el cual se registró una duración total de 97 minutos con 98 segundos. Durante este periodo, se identificaron y analizaron un total de 456 actividades. Debajo del video, se incluye un gráfico circular que permite visualizar la clasificación de estas actividades en función de su contribución al proceso. En dicho gráfico, el color verde representa las actividades que agregan valor, las cuales constituyen el 28% del total. Por otro lado, el color amarillo corresponde a aquellas actividades que semi-agregan valor, alcanzando un 18%. Finalmente, el color rojo indica las actividades que no aportan valor al proceso, representando el porcentaje más alto con un 54%. Esta clasificación resulta fundamental para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia del cambio de modelo, permitiendo reducir tiempos improductivos y optimizar la ejecución de las tareas involucradas.

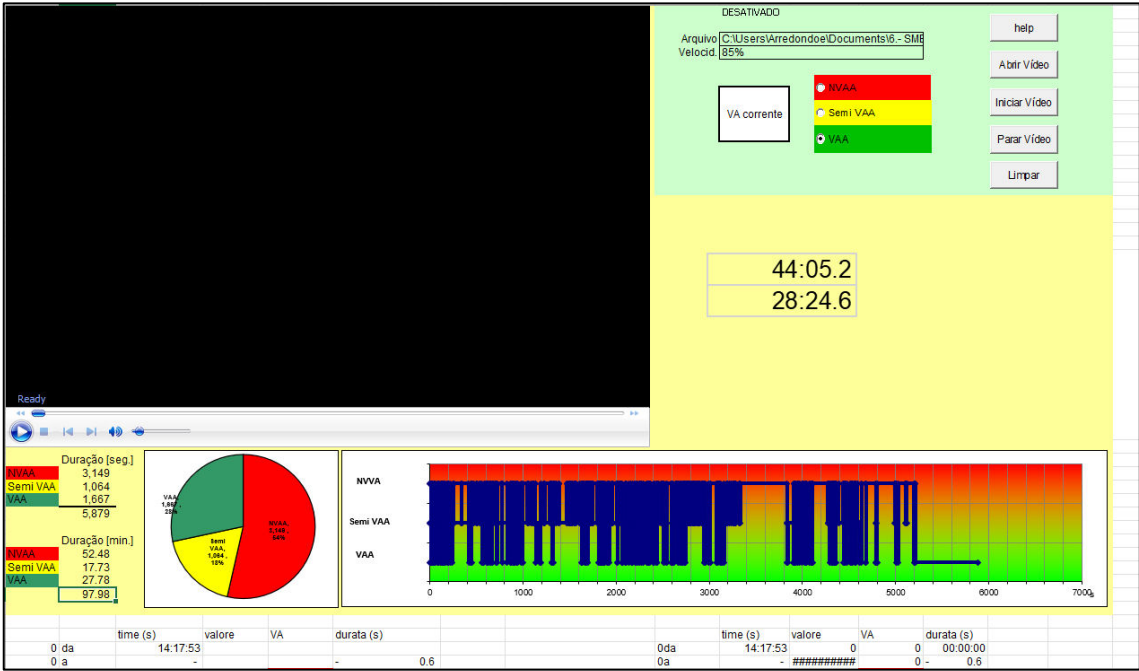


Ilustración 58. Cambio de modelo primer prueba Bihler 2

Fuente: Propia

La Tabla 7, presenta la cantidad de actividades según su clasificación en tres categorías; actividades que no agregan valor, actividades que semi-agregan valor y actividades que agregan valor. Además, en ella se detalla la cantidad

correspondiente a cada tipo de actividad, su porcentaje respecto al total y la sumatoria global de todas las actividades analizadas. Esta estratificación permite una evaluación precisa del proceso, facilitando la identificación de oportunidades de mejora para reducir actividades innecesarias y optimizar aquellas que contribuyen directamente al valor agregado.

Tabla 7. Clasificación de actividades Bihler 2

Valor	Porcentaje	No. de Actividades	de Tiempo (Segundos)
Valor no agregado	54%	246	1667
Semi valor agregado	18%	82	1064
Valor agregado	28%	128	3149
Total		456	5880

Fuente: Propia

5.2.2.2 Paso 1. Separar actividades internas y externas

Como se mencionó previamente, se identificó un total de 456 actividades, las cuales fueron clasificadas en internas y externas, como se observa en la Ilustración 59. De este análisis se obtuvo que 294 actividades corresponden a tareas externas, mientras que 162 actividades son de tipo interno. Adicionalmente, se presenta un diagrama de flujo que permite visualizar los distintos tipos de actividades que conforman el proceso, proporcionando una representación estructurada de su distribución y clasificación. Para una consulta más detallada de la lista completa de actividades, se recomienda revisar el Anexo 4, donde se incluyen todos los datos recopilados durante el análisis.

No	ACTIVIDADES ANTES	TIEMPO (seg)	EA	IA	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	ELIMINAR	COMBINAR	REESTABLECER	SIMPLIFICAR
1	Tomo toallas de papel	7	X										X
2	Coloca papel sobre carrito	1	X										X
3	Toma carrito de herramientas	1	X										
4	Acerca carrito de herramientas a tablero de control	8	X										
5	Toma mandril del carrito de herramientas	1	X									X	
6	Caminó hacia mesa de trabajo	5	X							X			
7	Regresa a carrito de herramienta	5	X							X			
8	Deja mandril sobre carrito	1	X										X
9	Regresa a mesa de trabajo	5	X										
10	Regresa a carrito de herramientas	5	X										
11	Toma mandril del carrito de herramientas	1	X							X			
12	Regresa a mesa de trabajo	5	X							X			
13	Toma varilla de mandril	2	X										X
14	Arma mandril con varilla	8	X							X			
15	Regresa a carrito	5	X							X			
16	Deja varilla de mandril en carrito	2	X							X			
17	Camina hacia máquina	3	X										
18	Toma tolva de descarte	2		X									X

Ilustración 59. ECRS resultados Bihler 2

Fuente: Propia

El Gráfico 6, representa la distribución porcentual de las actividades internas y externas identificadas en el proceso. Del análisis realizado, se determinó que las actividades internas constituyen el 36% del total, lo que equivale a 162 actividades. Por otro lado, las actividades externas representan un 64%, alcanzando un total de 294 actividades. Esta clasificación permite visualizar la proporción de tareas que pueden realizarse con la máquina en operación y aquellas que requieren su detención, proporcionando información clave para la optimización del proceso y la reducción de tiempos improductivos.

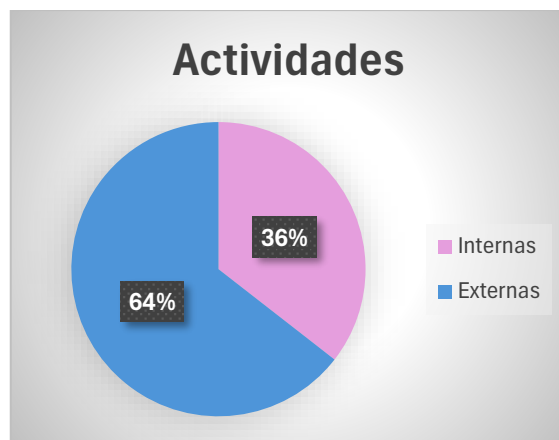


Gráfico 5. Actividades internas y externas Bihler 2

Fuente: Propia

5.2.2.3 Paso 2. Cambiar las actividades internas a externas

La Ilustración 60, muestra el diagrama de *spaghetti* correspondiente al recorrido efectuado por el operador durante el proceso. A través de su análisis, se identificó que la mayor concentración de traslados ocurre de la mesa de trabajo hacia el interior de la máquina donde se realiza el proceso de cambio de modelos, también se identifica que al no contar con las herramientas requeridas en el área los operadores se trasladan para buscar esas herramientas en otras máquinas lo que aumenta el tiempo del proceso y afecta a las demás máquinas al tomar sus herramientas.

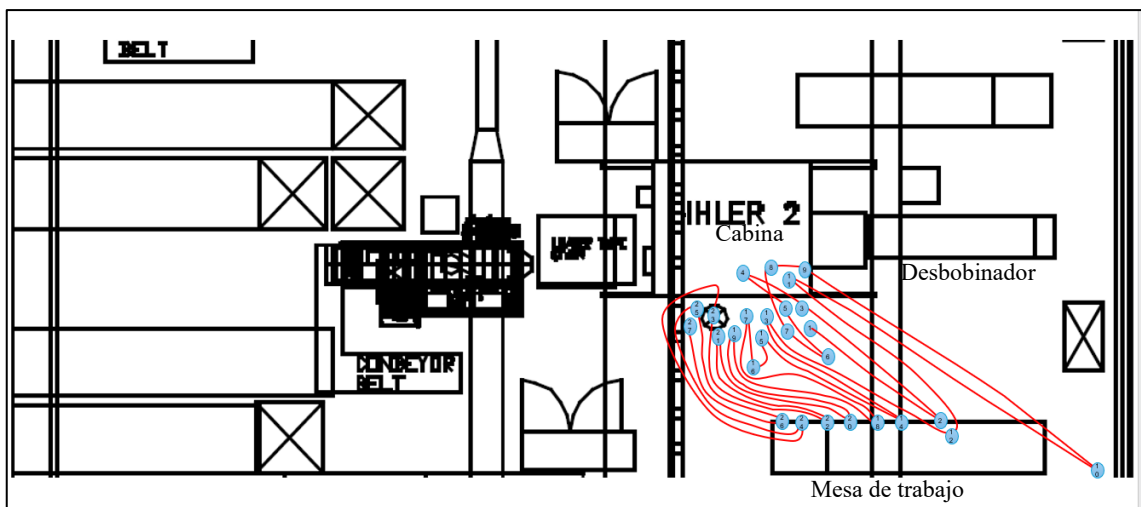


Ilustración 60. Diagrama de spaghetti Bihler 2

Fuente: Propia

Asimismo, se han detectado diversas áreas de oportunidad dentro del proceso, ya que ciertos desplazamientos podrían ser eliminados mediante la combinación estratégica de actividades. Esto permitiría reducir movimientos innecesarios, optimizar tiempos de operación y mejorar la eficiencia general del proceso. La Ilustración 61, muestra la reducción de actividades después de analizar cuales se deben eliminar, combinar, restablecer y simplificar. En el Anexo 5, se pueden visualizar la lista de actividades completas.

No	ACTIVIDADES ANTES	TIEMPO + [...]	EA	IA	No	ACTIVIDADES	DESPUES
1	Tomo toallas de papel	2	x		1	Toma hoja de set up	
2	Coloca papel sobre carrito	1	x		2	Camina a máquina	
3	Toma carrito de herramientas	1	x		3	Coloca hoja de set en máquina	
4	Acerca carrito de herramientas a tablero de control	1	x		4	Acomoda carro de herramientas	
5	Toma mandril del carrito de herramientas	1	x		5	Baja palancas de feeder	
6	Camino hacia mesa de trabajo	1	x		6	Quita mangueras	
7	Regresa a carrito de herramienta	1	x		7	Desmonta tolva	
8	Deja mandril sobre carrito	1	x		8	Coloca tolva en su lugar	
9	Regresa a mesa de trabajo	1	x		9	Toma desatornillador	
10	Regresa a carrito de herramientas	1	x		10	Quita tornillos de Holder de Matriz	
11	Toma mandril del carrito de herramientas	1	x		11	Desmonta holder de matriz	
12	Regresa a mesa de trabajo	1	x		12	Coloca holder de matriz en máquina	
13	Toma varilla de mandril	2	x		13	Quita pisadores	
14	Arma mandril con varilla	1	x		14	Quita matriz	
15	Regresa a carrito	1	x		15	Coloca matriz en parte lateral de máquina	
16	Deja varilla de mandril en carrito	2	x		16	Activa Feeder	
17	Camina hacia máquina	1	x		17	Toma desatornillador	
18	Toma tolva de descarte	2	x		18	Desatornilla preformas	
19	Desmonta tolva de descarte	1	x		19	Quita preformas	
20	Coloca tolva de descarte en máquina	2	x		20	Coloca preformas en carro	
21	Camina hacia mesa de trabajo	1	x		21	Coloca portapreformas	
22	Toma desatornillador	2	x		22	Quita calzas	
23	Regresa a máquina	1	x				
24	Quita tornillos de holder de matriz	1	x				
25	Desmonta holder de matriz	1	x				
26	Deja holder de matriz en máquina	1	x				
27	Regresa a carrito	2	x				
28	Acomoda carrito	1	x				
29	Toma papel del carrito	1	x				
30	Se limpia las manos	1	x				
31	Regresa a máquina	1	x				
32	Toma holder de matriz	1	x				

Ilustración 61. Reducción de actividades técnica ERCS

Fuente: Propia

5.2.2.4 Paso 3. Localizar actividades paralelas

En este paso se realizó el listado de las actividades paralelas que se pueden realizar al momento de llevar a cabo el cambio de modelo se separaron en actividades operador y actividades líder, el listado se muestra en la ilustración 62.

Tabla 8. Actividades de implementación 5's

No.	Actividad	Total	Observaciones
Seleccionar		27.27%	
1	Revisar cajones de herramientas, y área perteneciente a máquina.	SI	
2	Separar elementos necesarios e innecesarios.	SI	
3	Eliminar elementos innecesarios.	SI	
Orden		27.27%	
5	Elegir elementos según su frecuencia de uso para cada cajón.	SI	
6	Cambiar espumas en mal estado.	SI	
7	Colocar etiquetas del nombre de la herramienta que se colocan en cajones.	SI	
Limpieza		18.18%	
8	Limpiar cajones y herramientas.	SI	
9	Realizar limpieza en máquina.	SI	
Estandarizar		9.09%	
10	Elaborar estándar de imagen.	SI	
Disciplina		9.09%	
11	Dar a los operadores el <i>check list</i> elaborado con instrucciones de limpieza diarias, explicar su función y como deben llenarlo.	SI	
Cumplimiento total		100%	

Fuente: Propia

5.2.2.6 Paso 5. Implementar plan

Se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de las 5's:

- Selección (Seiri): Para la implementación de la primera "S", se solicitó el apoyo del operador Mateo, quien se encargó de seleccionar las herramientas indispensables para el cambio de modelo en materiales de acero-aluminio, dado que este es el tipo de material utilizado con mayor frecuencia en el proceso.

Las herramientas seleccionadas se presentan en la Ilustración 64, proporcionando una referencia visual clara de los elementos esenciales para la operación. Esta selección es un paso fundamental para garantizar un entorno de trabajo organizado y eficiente, reduciendo tiempos de búsqueda y optimizando el desempeño en la ejecución del cambio de modelo.

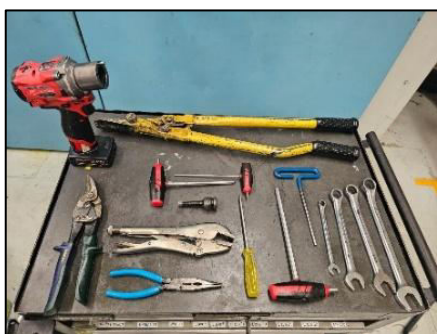


Ilustración 64. Herramientas utilizadas para un cambio de modelo Bihler 2

Fuente: Propia

- Orden (Seiton): Las herramientas fueron organizadas considerando tanto su frecuencia de uso como las diferentes medidas disponibles. Para optimizar el acceso y la eficiencia en el proceso, se colocaron en los dos primeros cajones aquellas de uso más frecuente, mientras que en los cajones posteriores se almacenaron las de menor utilización. Esta distribución, representada en la Ilustración 65, permite reducir tiempos de búsqueda y mejorar la organización del área de trabajo, facilitando un cambio de modelo más ágil y estructurado.



Ilustración 65. Herramientas utilizadas con mayor frecuencia

Fuente: Propia

La Ilustración 66, presenta una comparación del estado del área de trabajo antes y después de la aplicación del orden. Como parte de esta mejora, se colocaron etiquetas con los nombres de las herramientas para facilitar su

identificación y acceso. Asimismo, se llevó a cabo una inspección del estado de las espumas ubicadas en los cajones, reemplazando aquellas que presentaban daños. Adicionalmente, se etiquetó cada espacio designado para las herramientas, asegurando una disposición estructurada que optimiza la organización y eficiencia en el área de trabajo.



Ilustración 66. Aplicación de orden comparativa

Fuente: Propia

- Limpieza (Seiso): En la primera limpieza programada nos enfocamos en los cajones que se encuentran en el carrito de herramientas pertenecientes a la maquina Bihler 2, esto con apoyo de los operadores la Ilustración 67, muestra la comparativa del antes y después de la realización de limpieza y orden de las herramientas.



Ilustración 67. Comparativa después de limpieza en cajones

Fuente: Propia

- Estandarización (Seiketsu): La Ilustración 68, presenta los estándares de imagen desarrollado con el propósito de guiar a los operadores en el mantenimiento del orden y la limpieza en el área de trabajo. Este estándar establece una referencia visual clara sobre la disposición adecuada de herramientas y materiales.



Ilustración 68. Estándar General de Imagen 5's Bhiler 2

Fuente: Propia

- Disciplina (Shitsuke): Por último, se diseñó un *checklist* que detalla las instrucciones específicas de limpieza que los operadores deben seguir diariamente para garantizar que el área de trabajo se mantenga limpia y ordenada. Este documento incluye una lista estructurada de tareas, así como imágenes ilustrativas que muestran cada paso del proceso,

facilitando su correcta ejecución. Las instrucciones de limpieza se encuentran en el Anexo 7.

5.2.2.8 Paso 6. Validar procedimiento

Debido a la falta de disponibilidad de la máquina para realizar una nueva grabación del cambio de modelo posterior a las mejoras implementadas, se optó por estimar el nuevo tiempo del proceso. Esta estimación se basó en la eliminación de actividades que no aportan valor y no son esenciales para la operación, así como en la identificación de tareas que pueden ejecutarse de forma paralela con el apoyo del operador líder. La lista de actividades después de la reducción se encuentra en el Anexo 5.

A partir de esta evaluación, se estimó un nuevo tiempo de cambio de modelo de 37 minutos con 36 segundos. Comparado con el tiempo registrado en la primera grabación, que fue de 97 minutos con 98 segundos, se procedió a calcular el porcentaje de reducción. Para ello, se convirtieron ambos tiempos a segundos y se aplicó la fórmula correspondiente para determinar la disminución del tiempo.

Tiempo original: 5918 segundos

Tiempo reducido: 2256 segundos

$$\text{Reducción (\%)} = \left[\frac{5918 - 2256}{5918} \right] \times 100 = 61.89\%$$

Tras aplicar la fórmula correspondiente, se obtuvo un porcentaje de reducción del 61.89 % en la primera corrida realizada después de implementar la metodología SMED. Inicialmente, se había establecido como meta una disminución del 31 %, objetivo que fue superado satisfactoriamente.

No obstante, es importante señalar que aún existe margen de mejora en la reducción del tiempo de cambio de modelo. Uno de los factores que influye en este proceso es el tiempo de liberación de material, el cual depende del equipo de calidad. Aunque este tiempo no está bajo el control de los operadores, debe

ser considerado dentro del tiempo total del cambio, ya que sin la liberación no puede completarse el proceso. Además, la experiencia del operador también juega un papel importante. Los operadores con mayor experiencia tienden a memorizar mejor el orden de los pasos necesarios para realizar los ajustes, lo que permite reducir desplazamientos innecesarios y ejecutar el cambio de manera más eficiente.

5.2.3 Concentrado de resultado de implementación de SMED

La Tabla 9, muestra el concentrado de los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología SMED para las máquinas Skive 1 y Bihler 2

Tabla 9. Concentrado de resultados

Implementación SMED Skive 1								
	Primer cambio de modelo				Segundo cambio de modelo			
	NVAA	SVAA	VAA	Total	NVAA	SVAA	VAA	Total
Porcentaje	88%	6%	6%	100%	17%	56%	27%	100%
No. de Actividades	200	14	14	228	26	88	43	157
Tiempo (segundos)	277	252	3972	4501	980	474	305	1759
Implementación SMED Bihler 2								
	Primer cambio de modelo				Estimación de nuevo tiempo			
	NVAA	SVAA	VAA	Total	NVAA	SVAA	VAA	Total
Porcentaje	54%	18%	28%	100%	30%	41%	29%	100%
No. de Actividades	246	84	128	456	79	114	40	233
Tiempo (segundos)	1667	1064	3149	5880	697	923	660	2280

Fuente: Propia

5.3 Realizar evaluación costo-beneficio comparando el ahorro estimado con el ahorro real alcanzado

5.3.1 Evaluación costo-beneficio Skive 1

Inicialmente, se registraba un tiempo promedio mensual de 26.03 horas. Con la aplicación de la metodología SMED, se proyectaba una reducción mensual de 10 horas, lo cual representaría un ahorro estimado mensual de \$6,497.40 pesos, considerando que el costo por hora productiva es de \$649.74 pesos.

Sin embargo, tras la implementación del SMED, se logró una reducción real del 60.64 % en el tiempo de cambio de modelo. Este porcentaje se utilizó para calcular el ahorro alcanzado. Para ello, se multiplicó el tiempo promedio mensual de 26.03 horas por 0.6064 (porcentaje de reducción), obteniendo un ahorro promedio mensual de 15.78 horas de *set-up* este valor fue restado al mencionado anteriormente de 26.03 horas realizando esta operación tenemos un nuevo valor de 10.25 horas que representa el tiempo promedio mensual de cambio de modelo después de la implementación del SMED.

Posteriormente, se calculó el ahorro económico multiplicando las 10.25 horas promedio de ahorro mensual por el costo por hora (\$649.74), lo que resultó en un ahorro mensual de \$10,255.88 pesos. Este valor se proyectó semestralmente multiplicándolo por 6, obteniendo \$61,535.28 pesos, y finalmente se duplicó para estimar el ahorro anual, alcanzando un total de \$123,070.57 pesos.

Comparando estos resultados con las estimaciones iniciales de la empresa, se concluye que la implementación del SMED superó las expectativas. Además, se prevé un mayor ahorro con la ejecución de mejoras adicionales en la máquina y una capacitación más profunda del personal. La Ilustración 69, muestra la comparación de costos relacionados con el tiempo de cambio de modelo en Skive 1.

Skive 1		Skive 1	
Tiempo promedio mensual de cambio de modelo *	26.03 hrs	Tiempo promedio mensual de cambio de modelo***	10.25 hrs
Horas promedio de ahorro mensuales de Set Up	10	Horas promedio de ahorro mensuales de Set Up	15.78
Costo por hora**	\$ 649.74	Costo por hora**	\$ 649.74
Ahorro mensual	\$ 6,497.40	Ahorro mensual	\$ 10,255.88
Ahorro semestral	\$ 38,984.40	Ahorro semestral	\$ 61,535.28
Ahorro anual	\$ 77,968.80	Ahorro anual	\$ 123,070.57
*Información obtenida de la plataforma operativa del 01 de enero 2023 al 31 de diciembre 2023.		***Tiempo estimado considerando la reducción en tiempo del 60.64% alcanzado después de la aplicación del SMED.	
**El costo por hora (cost rate) ya filtra costos fijos y costos variables para tener el ahorro aproximado más preciso posible.			

Ilustración 69. Comparación de costos esperados y alcanzados

Fuente: Propia

5.3.2 Evaluación costo-beneficio Bihler 2

Al inicio del proyecto, se registraba un tiempo promedio mensual de cambio de modelo de 15 horas. Con la aplicación de la metodología SMED, se estimaba una reducción mensual de 5 horas, lo que representaría un ahorro económico de \$2,906.35 pesos, tomando en cuenta un costo por hora productiva de \$581.27 pesos.

No obstante, tras la implementación del SMED, se obtuvo una reducción del 61.89 % en el tiempo de set-up. Para calcular el ahorro alcanzado, se multiplicó el tiempo promedio mensual (15 horas) por el porcentaje de reducción (0.6189), obteniendo un ahorro mensual de 9.28 horas. Al restar este valor del tiempo original, se obtuvo un nuevo tiempo promedio mensual de cambio de modelo de 5.72 horas.

Con base en este resultado, se calculó el ahorro económico multiplicando las 9.28 horas de reducción por el costo por hora (\$581.27), lo que arrojó un ahorro mensual de \$5,396.22 pesos. Este valor, proyectado a un semestre, asciende a \$32,377.32 pesos, y a un total anual de \$64,754.64 pesos.

Al comparar estos resultados con las estimaciones iniciales, se concluye que la implementación de SMED superó ampliamente las expectativas planteadas. Además, se contempla un ahorro aún mayor con futuras mejoras en el equipo y un fortalecimiento en la capacitación del personal. La Ilustración 70 presenta la comparación de costos antes y después de la aplicación de la metodología en la máquina Bihler 2.

Bihler 2		Bihler 2	
Tiempo promedio mensual de cambio de modelo*		Tiempo promedio mensual de cambio de modelo***	
	15 hrs		5.72 hrs
Horas promedio de ahorro mensuales de Set Up		Horas promedio de ahorro mensuales de Set Up	
	5		9.28
Costo por hora**	\$ 581.27	Costo por hora**	\$ 581.27
Ahorro mensual	\$ 2,906.35	Ahorro mensual	\$ 5,396.22
Ahorro semestral	\$ 17,438.10	Ahorro semestral	\$ 32,377.32
Ahorro anual	\$ 34,876.20	Ahorro anual	\$ 64,754.64
*Información obtenida de la plataforma operativa del 01 de enero 2023 al 31 de diciembre 2023.		***Tiempo estimado considerando la reducción en tiempo del 61.89% alcanzado después de la aplicación del SMED.	
**El costo por hora (cost rate) ya filtra costos fijos y costos variables para tener el ahorro aproximado más preciso posible.			

Ilustración 70. Comparación de costos esperados y alcanzados Bihler 2

Fuente: Propia

5.3.3 Seguimiento y expansión horizontal.

En la Ilustración 71 se puede observar la presentación utilizada para llevar a cabo el paso 7, esta se encuentra dividida por antecedentes, diagrama de Gantt, resultados, conclusiones y actividades complementarias. Como antecedentes mencionamos el objetivo principal, los objetivos específicos, la metodología en la que nos apoyamos, además de mencionar los ahorros estimados que fueron contemplados para el desarrollo del proyecto. El diagrama de Gantt se presentó para cada una de las máquinas mencionando un periodo de agosto hasta diciembre de 2024, con los pasos del 0 al 7 para llevar a cabo la implementación SMED. En resultados encontramos de manera general el diagrama de *spaghetti* de cada máquina, los gráficos obtenidos del video analizador, la separación de actividades, el acondicionamiento de área, la estandarización del proceso, así como las mejoras propuestas. Por último, se colocaron las conclusiones, mencionando los pasos terminados, los pendientes

de implementación para expansión en Skive 2 y Skive 3, Bihler 2 quedo en etapa de implementación de mejoras para posteriores pruebas, el porcentaje de avance en el pilar de Mejora enfocada del 90%. Todo lo mencionado se puede revisar en el Anexo 8.

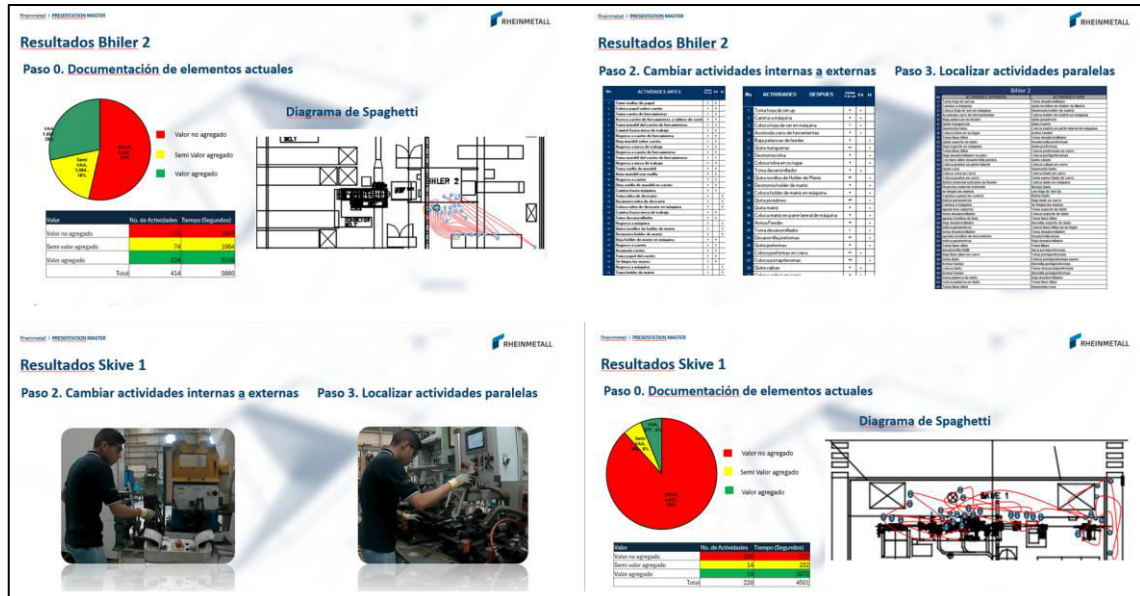


Ilustración 71. Presentación de resultados

Fuente: Propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Para el desarrollo del proyecto se plantearon tres objetivos principales, todos enfocados en reducir los costos de producción mediante la disminución del tiempo de cambio de modelo en las máquinas Skive 1 y Bihler 2, aplicando la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) desde el pilar de mejora enfocada, con énfasis en la implementación del sistema SMED. Si bien no todos los objetivos se cumplieron al 100%, los avances fueron significativos y aportaron valor al proceso.

Objetivo 1: Actualización de estándares, registro de anomalías y participación en capacitaciones

Este objetivo se cumplió en su totalidad. Se actualizó el calendario de mantenimiento autónomo (*AM Calendar*), facilitando a los operadores la ejecución y el registro adecuado de las actividades correspondientes. Además, se actualizaron tanto el mapa de riesgos como el diagrama de candado para ambas máquinas. Se realizó el levantamiento de tarjetas de anomalías y se desarrolló un *layout* de anomalías específico para Skive 1, lo cual contribuyó a una mejor visualización y gestión de los riesgos detectados. Por otro lado, la participación activa en las capacitaciones dirigidas a los operadores fortaleció el ambiente de colaboración y confianza, lo que permitió implementar las actividades del proyecto con mayor eficacia.

Objetivo 2: Reducción del tiempo de cambio de modelo a través de la ruta SMED

Este objetivo alcanzó un cumplimiento del 94%. Se logró implementar la ruta completa de SMED en la máquina Skive 1, mientras que en Bihler 2 quedó parcialmente completada debido a restricciones de tiempo y disponibilidad de la máquina para realizar pruebas finales. Cabe mencionar que el proyecto tuvo una duración limitada de cuatro meses, y la complejidad del proceso en Bihler 2,

sumada al tiempo requerido por el proveedor para fabricar e instalar las mejoras propuestas, impidió concluir la implementación.

En el caso de Skive 1, cuyo objetivo era lograr una reducción del 38% en el tiempo de cambio de modelo, se obtuvo una disminución del 60.64%, superando ampliamente la meta establecida. Este resultado puede optimizarse aún más mediante la realización de pruebas adicionales y ajustes en el proceso. Para Bihler 2, aunque la ruta SMED no se completó, se alcanzó una reducción del 61.89% en el tiempo de cambio de modelo, superando la meta propuesta del 33%. Este porcentaje podría incrementarse una vez finalizada la implementación pendiente en la máquina.

Objetivo 3: Evaluación costo–beneficio

El tercer objetivo consistió en comparar el ahorro estimado con el ahorro real obtenido. Para Skive 1, con una reducción del 60.64% en el tiempo de *set-up*, se estimaba un ahorro mensual de \$6,497.40 pesos. No obstante, el ahorro real calculado fue de \$10,255.88 pesos, de acuerdo con datos proporcionados por el departamento de finanzas.

En el caso de Bihler 2, el ahorro mensual estimado era de \$2,906.35 pesos, mientras que el ahorro real, tras aplicar la reducción del 61.89%, fue de \$5,396.22 pesos mensuales. Estos resultados fueron presentados en una exposición final ante la gerencia, demostrando los beneficios tangibles de la aplicación de SMED y su impacto positivo en la eficiencia y los costos operativos.

Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos y las conclusiones presentadas se tienen las siguientes recomendaciones:

- Continuar con el desarrollo del proyecto para finalizar las actividades para la máquina Bihler 2 y con ellos obtener todos los resultados reales necesarios para su análisis.
- Debido a los resultados favorables obtenidos para Skive 1 se recomienda llevar a cabo la expansión a las máquinas Skive 2 y Skive 3, con la implementación del SMED.
- Realizar más grabaciones del cambio de modelo obtener un tiempo estándar y con el realizar un análisis costo-beneficio más exacto.
- Continuar con la aplicación de auditorías 5's para tener un mayor control del área fomentando el compromiso de los responsables del área para su cumplimiento.
- Continuar con el levantamiento de tarjetas TPM de manera periódica para la solución de anomalías identificadas por operadores y personal.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Asfahl, C., & Rieske, D. W. (2010). *Seguridad industrial y administración de la salud*. México: Pearson Educación de México.
- Alonso García, A. (1998). *Conceptos de organización industrial*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Amaru, A. C. (2009). *Fundamentos de ADMINISTRACIÓN Teoría y proceso administrativo*. México: Pearson Prentice Hall.
- Anaya Vega, G. G. (2020). *Diseño de la propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento productivo total TPM para la Empresa Colombiana de Cementos S.A.S. en la región de Rio Claro - Antioquia*. Bogotá. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10882/10058>
- Arias Gonzales, J. L. (2020). *MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN ONLINE HERRAMIENTAS DIGITALES PARA RECOLECTAR DATOS*. Arequipa : Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- Blank, L., & Tarquin, A. (2012). *INGENIERÍA ECONOMICA*. México: McGraw-Hill.
- Cardenas Rimari, J. A., & Gonzales Pariona, H. M. (2023). *Modelo Lean Manufacturing y TPM para la gestión de la producción bajo un enfoque de herramienta CAPDO, 5S, Estandarización del trabajo y SMED para la reducción de los tiempos muertos en una empresa dedicada a la manufactura*. Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/671903>
- Corporación Industrial Minuto de Dios. (2015). *El efecto 5s Manual Paso a Paso Cómo las mejores compañías aplican 5s e incrementan su Productividad y Ganancias*.
- Creswell, J. (2014). *Diseño de la investigación cualitativa y mixta*. Pearson Educación.
- Dávila Campos, A. M. (2021). *Implementación de SMED para disminuir los tiempos de recambio y calibración en una máquina que elabora sobres de papel*. Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52291>
- Fontaine, E. (2008). *Evaluación social de proyectos*. México: Pearson Educación de México.

- González Fernández, F. J. (2005). *Teoría y práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid: Artegraf, S.A.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de organización industrial EOI.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. Mc Graw Hill.
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (2012). *Lean Thinking Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona, España: Gestión 2000.
- LeanSis Productividad. (2017). *Introducción a Lean Manufacturing*. Ecoembes.
- Lefcovich, M. L. (2009). *Kaizen: la mejora continua aplicada en la calidad, productividad y reducción de costos*. Paraná: Cid Editor.
- Meyers, F. E., & Stephens, M. P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Prentice Hall Mexico.
- Mora Gutierrez, A. (2009). *MANTENIMIENTO Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf
- Olavarrieta de la Torre, J. (1999). *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad*. Ciudad de México: Biblioteca Francisco Xavier Clavigero.
- Pascual, R. (2002). *Manual del Ingeniero de Mantenimiento*. Santiago, Chile: Departamento de Ingeniería Mecánica.
- Rajadell Carreras, M. (2021). *Lean Manufacturing: Herramientas para producir mejor*. Ediciones Díaz de Santos.
- Rey Sacristán, F. (2005). *Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal.

- Ries, J. (2022). *LEAN SIX SIGMA 3 BOOKS IN 1 THE COMPLETE GUIDE TO IMPLEMENTING SIX SIGMA METHODOLOGY FOR CONTINUOUS MANUFACTURING PROCESS IMPROVEMENT*. Publicación independiente.
- Sacristán, F. (2005). *Las 5S Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: FC EDITORIAL.
- Santos, J., Wysk, R. A., & Torres, J. M. (2010). *Mejorando la producción con lean thinking*. Ediciones Pirámide.
- Smith, R. (2021). *Spaghetti Diagram: The Cost of GO GET Items*. Publicación independiente.
- Socconini, L. (2019). *LEAN MANUFACTURING paso a paso*. Alfaomega .
- Tavares, L. A. (2000). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo.
- Torres Marquina, C. J. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DEL SMED COMO HERRAMIENTA DE MEJORA CONTINUA EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE ROLLOS LÍNEA-120, PROTISA PERÚ PLANTA CAÑETE*. LIMA. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/10266>
- Valdez Ramirez, K. D. (2021). *Reducción de tiempos de cambio de herramental mediante la implementación de SMED en un fábrica automotriz*. Hermosillo. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/737535407/Valdez-Ramirez-Karla-Darinka-m>

ANEXOS

Anexo 1. Técnica ECRS Skive 1 primer cambio de modelo

ANTES					ANALISIS									
No	ACTIVIDADES	TIEMPO (seg)	EA	IA	VA	SVA	NVA			MEJORAS				
										ELIMINAR	COMBINAR	REESTABLECER	SIMPLIFICAR	
					Operacion	Transporte	Inspeccion	Retraso	Almacenaje					
1	Seleccionar herramientas	3.47	x											
2	Caminar y abrir guarda de seg	2.83	x											
3	Desmontar estrella	14.56		x										
4	Girar desbobinador	2.66		x										
5	Caminar e inspeccionar bobinas	3.08	x											
6	Caminar y buscar polipasto	5.30	x											
7	Ajustar eslinga	4.06	x											
8	Seleccionar bobina	4.38	x											
9	Ajustar eslinga	16.82	x											
10	Cargar bobina e inspeccionar	7.96	x											
11	Colocar en desbobinador	7.44		x										
12	Quitar polipasto	2.75	x											
13	Colocar polipasto en base	15.05	x											
14	Caminar y colocar estrella	5.50	x											
15	Cerrar guarda y girar desbobinador	10.25		x										
16	Abrir guarda	4.93		x										
17	Cortar alambres de bobina y girar desb	11.41		x										
18	Cerrar guarda de seguridad	9.02		x										
19	Jalar tira	7.07		x										
20	Ensamblar tira por los rodillos	4.67		x										
21	Caminar y configurar en tablero	12.52		x										
22	Quitar herramental	3.46	x											
23	Desatornillar tuerca	3.80		x										
24	Mover herramienta de lugar	2.55	x											
25	Colocar llave de gancho para quitar rodiilo	8.94		x										
26	Golpear llave para desajustar	9.15		x										
27	Colocar llave de gancho para quitar rodiilo	24.30		x										
28	Golpear llave para desajustar	7.19		x										
29	Quitar separadores	26.15		x										
30	Desajustar seguro	11.07		x										
31	Buscar herramienta	1.46	x											
32	Desajustar opresor	5.62		x										
33	Quitar opresor de herramienta	23.37		x										
34	Desajustar opresor	7.48		x										
35	Quitar opresor de herramienta	5.34		x										
36	Seleccionar llave allen	8.92	x											
37	Desatornillar tuerca	4.93		x						X				
38	Quitar tuerca de allen	4.43		x										
39	Desatornillar tuerca	8.03		x										
40	Quitar tuerca de allen	8.12		x										
41	Mover herramental de lugar	3.75	x											
42	Quitar rodillos	6.21		x										
43	Caminar a mesa de trabajo trasera	4.95	x											
44	Colocar malla a los rodillos	4.24	x											
45	Colocar rodillos en caja	2.58	x											
46	Mover caja de rodillos a otro lugar	37.09	x											
47	Caminar a estacion de trabajo	0.72	x											
48	Mover rodillos de lugar	4.48	x											
49	Limpiar rodillos	1.48	x											
50	Limpiar base para montar rodillos	8.88	x											
51	Colocar rodillos	5.23		x										
52	Ajustar rodillos	1.50		x										
53	Colocar herramental	3.21		x										
54	Colocar tuercas	10.83		x										
55	Apretar tuercas 2	4.12		x										
56	Colocar tuercas 2	2.46		x										
57	Apretar tuercas 2	2.56		x										
58	Tomar seguro y ajustar	1.75		x										
59	Mover herramienta de lugar	5.54	x											
60	Quitar guantes	1.65	x											
61	Inspeccionar rodillos selección	15.63		x										
62	Colocar rodillo	10.57		x										
63	Ajustar presion	5.66		x										
64	Tomar vernier	2.89	x											

202	Checar chaflaes y tirar scrap	1.23	x																
203	Ajustar	6.38		x															
204	Tomar pinzas y cortar tira	3.82		x															
205	Medir chaflandes y tirar scrap	12.44	x																
206	Ajustes	7.82		x															
207	Caminar y presionar boton en tablero	3.61		x															
208	Jalar tira y pasar por los rodillos	18.70		x															
209	Ajustar sensor	18.87		x															
210	Esperar	2.66	x																
211	Caminar a embobinador	3.60	x																
212	Presionar tablero de embobinador	12.10		x															
213	Bajar guarda de seguridad	9.81		x															
214	Caminar a estacion de trabajo	1.61	x																
215	Cerrar rodillos guias	4.25		x															
216	Ajustes de sensor	35.71		x															
217	Caminar y tomar vernier	9.76	x																
218	Medir ancho de tira	35.70	x																
219	Ajustar	0.84		x															
220	Tomar allen y apretar tornillo	2.06		x															
221	Ajustar	4.37		x															
222	Tomar llave y apretar tuercas	9.34		x															
223	Ajustar pisadores	2.10		x															
224	Presionar boton de tablero	4.07		x															
225	Esperar	23.15	x																
226	Ajustar camara	16.72	x																
227	Cortar tira y medir camber	44.71	x																
228	Tirar scrap	1.81	x																
Total		1642.41	71	157	27.36799167														

Anexo 2. Técnica ECRS Skive 1 segundo cambio de modelo

No	ACTIVIDADES	TIEMPO (seg)	EA	IA	●	➔	■	■	▼	ELIMINAR	COMBINAR	REESTABLECER	SIMPLIFICAR
1	Cargar bobina con polipasto	56		x									
2	Colocar estrella	14.8		x									
3	Quitar alambres	62.33		x									
4	Pasar tira por enderezador	19.9		x									
5	ajuste de enderezador	6.72	x										
6	Paso de tira por cepillo y lubricador	7.68		x									
7	Caminar a enderezador	2.44	x										
8	Ajuste de enderezador	2.03		x									
9	Caminar a rodillos	2.85	x										
10	Acomodo de lubricador	3.48		x									
11	sacar herramienta	1.63	x										
12	Sacar herramienta	13.6	x										
13	Caminar a HMI	3.42	x										
14	Expulsar porta insertos	1.65		x									
15	Retirar barra de Nylamin	2.99		x									
16	Aflojar rodillos guías	4.5	x										
17	Aflojar alfrombras de limpieza	3.2	x										
18	Caminar a rodillos	2.58	x										
19	Aflojar rodillos perfiladores	4.1		x									
20	Sopletear area de porta insertos..	8.2	x										
21	Ir por matraca a Skive 2	20	x										
22	Desarmar area de rodillos (Quitar base de manometro y acrilico)	4.25		x									
23	Tomar matraca	3.9		x									
24	Posicionarla en tornillo de rodillos perfiladores	4.24		x									
25	Aflojar tornillo para permitir la salida de rodillos perfiladores	4.53		x									
26	Dejar matraca	1.9	x										
27	Tomar llave	2.41	x										
28	Aflojar rodillos perfiladores	1.51		x									
29	Tomar llave	2.83		x									
30	Tomar mazo	1.6	x										
31	Colocar en posicion de rodillos	1.23		x									
32	Golpear llave con mazo para aflojar rodillos perfiladores	1		x									
33	Dejar llave y mazo	1.28	x										
34	Caminar a mesa	9.6	x										
35	Tomar bernier	4.5	x										

[illegible]

73	Colocar rodillos perfiladores y espaciadores	3.58		x															
74	Tomar llave y mazo para apretar	2.49	x																
75	Ajuste de rodillos perfiladores y apriete	21.71		x															
76	Tomar matraca	2.08		x															
77	Posicionar en tornillo de rodillos	0.99																	
78	Apretar rodillos con matraca	8.15		x															
79	Colocar acrilico de rodillos y base de manometreo	9.6		x															
80	Dejar caja de herramientas en mesa secundaria	4.89	x																
81	Caminar a mesa principal y dirigirse a HMI	1.58	x																
82	Ajuste de insertos de rebaba de ancho de tira	12.36	x																
83	Busqueda de Iman para rebaba.	6.2	x																
84	Caminar hasta desembobinador por iman	6.8	x																
85	Regresar a parte final de mesa de trabajo	4.2	x																
86	Recoger herramienta del suelo con iman	2.44	x																
87	Apretar tornillos de insertos de ancho de tira	2.37	x																
88	Dejar herramienta	1.2	x																
89	Caminar a rodillos	1.19	x																
90	Ajuste y apriete de rodillos	4.22	x																
91	Caminar a enderezador	2.73	x																
92	Ajuste de cepillo y lubricador	2.24		x															
93	Caminar a desembobinador	8.2	x																
94	Regresar a enderezador	6.2	x																
95	Acomodo de tira por paso de lubricador y de rodillos	7.75		x															
96	Caminar a pantalla HMI	2.39	x																
97	Regresar a rodillos	3.6	x																
98	Ajuste de rodillos	4.17	x																
99	Dejar manilla de ajuste	0.62	x																
100	Acomodo de tira por paso de enderezador y rodillos	10.72		x															
101	acomodo de tira en enderezador	4.89		x															
102	Caminar a rodillos	5.63	x																
103	Ajuste de rodillos.	13.6		x															
104	Acomodo de porta insertos	50.5		x															
105	Avance de tira	3.34		x															
106	caminar a rodillos	1.6	x																
107	Apretar rodillos	7.6	x																
108	Caminar a HMI	2.31	x																
109	Avance de tira	7.08		x															
110	Caminar a rodillos	1.06	x																

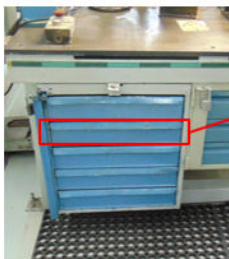
111	Apretar rodillos	3.85		x															
112	Caminar	2.9	x																
113	Pensar	1.2	x																
114	Caminar por cizallas	4.97	x																
115	Cortar tira	3.46		x															
116	Doblar tirar	3.6	x																
117	Tirar a scrap	6.34																	
118	Avance tira	0.95		x															
119	Avance de tira	6.9		x															
120	Caminar a rodillos	0.83	x																
121	Apretar rodillos	3.01		x															
122	Tomar cizallas	1.29	x																
123	Cortar tira	5.24		x															
124	Tomar corte doblarlo	4.96	x																
125	revisar dimensiones de chaflan	10.7	x																
126	Tirar a scrap	8.8	x																
127	Apretar rodillos	6.15		x															
128	Ajustando rodillos	5.28	x																
129	Quedarse pensando	1.4	x																
130	Apretar rodillos	3.83	x																
131	Tomar mazo	2.6	x																
132	Colocarlo en manillar de apriete de rodillos	1.03	x																
133	Apretar rodillos	6.69		x															
134	Dejar Mazo en mesa	2.12	x																
135	Ajustar rodillos	2.74		x															
136	Caminar a porta insertos	2.05	x																
137	Apretar porta insertos	1.3	x																
138	Tomar barra de Nylamin	5.26	x																
139	Colocar barra de Nylamin	14.31		x															
140	Bajar porta insertos y apretar	2.86		x															
141	Caminar a HMI	2.46	x																
142	Avance de tira	5.09		x															
143	Ajuste tornillo de insertos	2.42		x															
144	Avance de tira y corte de tira	24.49		x															
145	verificación de chaflan con lupa	35.78	x																
146	Avance de tira	2.77		x															
147	Avance de tira	13.79		x															
148	Tirar Scrap.	20.9	x																
149	Llenar vale para revision dimensional de metrologia	228.66																	
150	Revision dimensional por parte de metrologia	377.35																	
151	Avance de tira	2.39		x															
152	Ajuste de insertos	12.15	x																
153	paso de tira por cepillos	3.09		x															
154	Avance de tira por alfombras	2.11	x																
155	Avance de tira	9.77	x																
156	Acomodo de tira en embobinador	24.44		x															
157	Ajuste de rodillos guias y alfombras	19.14	x																

Anexo 3. Instrucciones de trabajo Skive 1

KS Gleitlager de México Instrucción de trabajo																																																															
Nombre de sub-operación (Qué):	Identificar porta inserto	Símbolos:	Elaborado por: Mauricio Hernandez Fecha elaboración: 14-Feb-18	Nivel de revisión: 3 Fecha revisión: 12-Feb-24																																																											
Descripción de la operación (Cómo)			Efectos de falla (Por qué)																																																												
Con ayuda de la "Hoja de proceso" en el apartado herramienta a usar en el proceso, visualizar la especificación de la descripción del porta inserto <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">HERRAMENTAL A USAR EN PROCESO</th> </tr> <tr> <th>#</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>ESPECIFICACIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>FRECUENCIA DE MITO Y/O OBSERVACIONES</th> <th>REGISTRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Radillos perforados</td> <td>825-429</td> <td>Pz</td> <td>Inspección diaria y limpieza cada cambio</td> <td>Hoja de Set up</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Quies</td> <td>1.5</td> <td>mm</td> <td>Inspección diaria y limpieza cada cambio</td> <td>Hoja de Set up</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Ancho Barra de nylon</td> <td>9</td> <td>mm</td> <td>Acorde a IT-IN-016</td> <td>Hoja de Set up</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Portainseros</td> <td>20"</td> <td>"</td> <td>-</td> <td>Hoja de Set up</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Inserto para chafan interno</td> <td>SCF1122504 10x</td> <td>Pz</td> <td>Consumo de avance acorde a IT-IN-015</td> <td>Consumo de inserto</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Tornillo para inserto de chafan interno</td> <td>7000021281 Insert screw T54 T-10N/Traversa24-200-G45</td> <td>Pz</td> <td>Seleccionar a MRO en caso de pérdida o desgaste de componente</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Inserto para canchales</td> <td>LCF11575PCFR 10x</td> <td>Pz</td> <td>Consumo de avance acorde a IT-IN-015</td> <td>Consumo de inserto</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Tornillo para inserto de canchales</td> <td>7000004958 Allen Screw 1400-0400 3/16-091 70155209</td> <td>Pz</td> <td>Seleccionar a MRO en caso de pérdida o desgaste de componente</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> Seleccionar el porta inserto a usar de acuerdo a la especificación de la hoja, ubicados en el 4º cajón  Porta insertos			HERRAMENTAL A USAR EN PROCESO					#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	FRECUENCIA DE MITO Y/O OBSERVACIONES	REGISTRO	1	Radillos perforados	825-429	Pz	Inspección diaria y limpieza cada cambio	Hoja de Set up	2	Quies	1.5	mm	Inspección diaria y limpieza cada cambio	Hoja de Set up	3	Ancho Barra de nylon	9	mm	Acorde a IT-IN-016	Hoja de Set up	4	Portainseros	20"	"	-	Hoja de Set up	5	Inserto para chafan interno	SCF1122504 10x	Pz	Consumo de avance acorde a IT-IN-015	Consumo de inserto	6	Tornillo para inserto de chafan interno	7000021281 Insert screw T54 T-10N/Traversa24-200-G45	Pz	Seleccionar a MRO en caso de pérdida o desgaste de componente	-	7	Inserto para canchales	LCF11575PCFR 10x	Pz	Consumo de avance acorde a IT-IN-015	Consumo de inserto	8	Tornillo para inserto de canchales	7000004958 Allen Screw 1400-0400 3/16-091 70155209	Pz	Seleccionar a MRO en caso de pérdida o desgaste de componente	-	Chafanes internos fuera de especificación Scrap de material Retraso de producción	
HERRAMENTAL A USAR EN PROCESO																																																															
#	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	FRECUENCIA DE MITO Y/O OBSERVACIONES	REGISTRO																																																										
1	Radillos perforados	825-429	Pz	Inspección diaria y limpieza cada cambio	Hoja de Set up																																																										
2	Quies	1.5	mm	Inspección diaria y limpieza cada cambio	Hoja de Set up																																																										
3	Ancho Barra de nylon	9	mm	Acorde a IT-IN-016	Hoja de Set up																																																										
4	Portainseros	20"	"	-	Hoja de Set up																																																										
5	Inserto para chafan interno	SCF1122504 10x	Pz	Consumo de avance acorde a IT-IN-015	Consumo de inserto																																																										
6	Tornillo para inserto de chafan interno	7000021281 Insert screw T54 T-10N/Traversa24-200-G45	Pz	Seleccionar a MRO en caso de pérdida o desgaste de componente	-																																																										
7	Inserto para canchales	LCF11575PCFR 10x	Pz	Consumo de avance acorde a IT-IN-015	Consumo de inserto																																																										
8	Tornillo para inserto de canchales	7000004958 Allen Screw 1400-0400 3/16-091 70155209	Pz	Seleccionar a MRO en caso de pérdida o desgaste de componente	-																																																										
Instrucción: IT-IN-322			Sub-operación: 1-7																																																												

KS Gleitlager de México Instrucción de trabajo				
Nombre de sub-operación (Qué):	Colocar inserto en porta inserto	Símbolos:	Elaborado por: Mauricio Hernandez Fecha elaboración: 14-Feb-18	Nivel de revisión: 4 Fecha revisión: 12-Feb-24
Descripción de la operación (Cómo)			Efectos de falla (Por qué)	
Tomar los insertos de el primer cajón de la mesa  Con ayuda del desarmador Torx de 6 mm, colocar el inserto nuevo en la base de inserto del portainseros.   Base del inserto  Nota: se coloca un nuevo inserto cuando ambos filos ya han sido utilizados			Chafanes internos fuera de especificación Scrap de material Retraso de producción	
Instrucción: IT-IN-322			Sub-operación: 2-7	

KS Gleitlager de México Instrucción de trabajo				
Nombre de sub-operación (Qué):	Definir altura del portainserto	Símbolos:   	Elaborado por: Mauricio Hernández	Nivel de revisión: 4
			Fecha elaboración: 14-Feb-18	Fecha revisión: 12-Feb-24
Descripción de la operación (Cómo)			Efectos de falla (Por qué)	
Tomar la llave Allen de 4 mm ubicada en el segundo cajón y posicionarla en el orificio que se encuentra en la cara superior del porta inserto  Allen 4 mm Posicionar la llave en el orificio que se encuentra en la cara superior de la base del portainserto y levantar para marcar mas el chaflán (Grueso) o bajar para no marcarlo tanto (Delgado) 			Chafilanes internos fuera de especificación Scrap de material Retraso de producción	
			Plan de reacción	
			Avisar al operador líder - líder de operación - ingeniero de manufactura del área de preformado	
Instrucción: IT-IN-322		Sub-operación: 7-7		F01-PIN04

KS Gleitlager de México Instrucción de trabajo				
Nombre de sub-operación (Qué):	Sacar herramienta a usar	Símbolos: 	Elaborado por: Mauricio Hernandez	Nivel de revisión: 3
			Fecha elaboración: 2-Feb-18	Fecha revisión: 21-Aug-18
Descripción de la operación (Cómo)			Efectos de falla (Por qué)	
Tomar del segundo cajón, las herramientas necesarias para hacer el ajuste.  Segundo cajon → Llaves allen → Llave de nariz → Martillo			Retraso en la producción. Page 1	
Colocar las herramientas en la mesa  Mesa skive 2			Plan de reacción Avisar al operador líder - líder de operación - ingeniero de manufactura del área de preformado.	
Instrucción: IT-IN-311			Sub-operación: 1-11	
			F01-PIN04	

KS Gleitlager de México Instrucción de trabajo				
Nombre de sub-operación (Qué):	Aflojar tuerca hidráulica	Símbolos:  	Elaborado por: Mauricio Hernandez	Nivel de revisión: 3
			Fecha elaboración: 2-Feb-18	Fecha revisión: 21-Aug-18
Descripción de la operación (Cómo)			Efectos de falla (Por qué)	
Tomar la llave Allen 6 mm para aflojar el tornillo que sujeta la tuerca hidráulica   Ubicación del tornillo en la tuerca hidráulica Tomar 2 llaves de nariz y posicionarlas en la ranura de la tuerca hidráulica y en la ranura de la    Dar un golpe con el martillo de goma en la llave de nariz hidráulica para aflojarla.			Retraso de producción. Dañar la herramienta.	
			Plan de reacción	
			Avisar al operador líder - líder de operación - ingeniero de manufactura del área de preformado.	
Instrucción: IT-IN-311			Sub-operación: 2-11	
			F01-PIN04	

KS Gleitlager de México Instrucción de trabajo						
Nombre de sub-operación (Que):	Colocar rodillos bipartidos y barra de nylamid usados en mesa de herramental	Símbolos: 	Elaborado por:	Mauricio Hernandez	Nivel de revisión:	3
			Fecha elaboración:	2-Feb-18	Fecha revisión:	21-Aug-18
Descripción de la operación (Como)			Efectos de falla (Por que)			
Poner los rodillos bipartidos usados en la mesa de herramental			Extravío de rodillos bipartidos. No se puede procesar el material. Retraso de producción.			
			1			
Posicionandolos en las cajas de herramental para skive						
Plan de reacción						
			Avisar al operador líder - líder de operación - ingeniero de manufactura del área de preformado			
Instrucción: IT-IN-311			Sub-operación: 11-11		F01-PIN04	

KS Gleitlager de México Instrucción de trabajo						
Nombre de sub-operación (Qué):	Limpiar rodillos de guías	Símbolos: 	Elaborado por:	Mauricio Hernandez	Nivel de revisión:	5
			Fecha elaboración:	14-Feb-18	Fecha revisión:	6-Jun-24
Descripción de la operación (Cómo)			Efectos de falla (Por qué)			
Con ayuda de una toalla, ubicadas abajo de la mesa  age 1 Toallas			Material sucio. Scrap de material Retraso de producción			
Limpiar los rodillos y base de guías para retirar suciedad con WD-40. 			Plan de reacción			
			Avisar al operador líder - líder de operación - área de mantenimiento.			
Instrucción: IT-IN-321			Sub-operación: 3-9		F01-PIN04	

IT-IN-322- Ajuste de portainseros (comentarios...)									
Search									
File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Automate Help									
Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing Sensitivity Add-ins Analyze Data									
G28									
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Cuadro de cambios formato								
2	Fecha	Nivel de revisión	Motivo				Responsable		
3	8-Sep-17	1	Emisión del formato				Omar Hernandez		
4	10-Apr-18	2	Se agregan fórmulas para el llenado automático de campos				Josué Ramos		
5	21-Aug-18	3	Cambio de plan general de reacción a instrucción de material no conforme				Cesar Banda		
6	26-Nov-24	4	Actualización de imágenes				Maria Gonzalez		
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									

Anexo 4. Técnica ECRS Bihler 2 primer cambio de modelo

No	ACTIVIDADES ANTES	TIEMPO (seg)	EA	IA	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	ELIMINAR	COMBINAR	REESTABLECER	SIMPLIFICAR
1	Tomo toallas de papel	7	X										X
2	Coloca papel sobre carrito	1	X										X
3	Toma carrito de herramientas	1	X										
4	Acerca carrito de herramientas a tablero de control	8	X										
5	Toma mandril del carrito de herramientas	1	X									X	
6	Caminó hacia mesa de trabajo	5	X							X			
7	Regresa a carrito de herramienta	5	X							X			
8	Deja mandril sobre carrito	1	X										X
9	Regresa a mesa de trabajo	5	X										
10	Regresa a carrito de herramientas	5	X										
11	Toma mandril del carrito de herramientas	1	X							X			
12	Regresa a mesa de trabajo	5	X							X			
13	Toma varilla de mandril	2	X										X
14	Arma mandril con varilla	8	X							X			
15	Regresa a carrito	5	X							X			
16	Deja varilla de mandril en carrito	2	X							X			
17	Camina hacia máquina	3	X										
18	Toma tolva de descarte	2		X									X
19	Desmonta tolva de descarte	3		X									
20	Coloca tolva de descarte en máquina	2		X									
21	Camina hacia mesa de trabajo	5	X							X			
22	Toma desatornillador	2	X							X			
23	Regresa a máquina	5		X						X			
24	Quita tornillos de holder de matriz	9		X									
25	Desmonta holder de matriz	3		X									
26	Deja holder de matriz en máquina	1	X										
27	Regresa a carrito	2	X							X			
28	Acomoda carrito	5	X							X			
29	Toma papel del carrito	1	X							X			
30	Se limpia las manos	1	X							X			
31	Regresa a máquina	1		X						X			
32	Toma holder de matriz	1		X									
33	Retira matriz del holder	3		X									
34	Deja matriz sobre máquina	1		X									X
35	Lleva holder de matriz a carrito	3	X							X			
36	Toma papel	1	X							X			
37	Regresa a máquina	2	X							X			
38	Se limpia las manos	1		X						X			
39	Deja papel en la máquina	1		X						X			
40	Toma pinzas de máquina	1		X									
41	Toma calzas de máquina	2		X									
42	Introduce calzas en porta preformas	1		X									
43	Regresa a tablero de control	1	X										
44	Introduce parametros	3	X										
45	Activa feeder	1		X									
46	Mueve manivelas de feeder	1		X									
47	Retira el material	5		X									
48	Dobra el material sobrante	2	X										
49	Camina hacia contenedor de scrap	5	X							X			
50	Deposita el material sobrante	1	X										
51	Camina hacia a toallas de papel	2	X							X			
52	Toma toalla de papel	3	X							X			
53	Se limpia las manos	2	X							X			

Nº	Tarea	Duración	Precedentes	Relaciones	Dependientes	Inicio	Fin	Recurso	Estado
108	Toma nueva varilla de mandril del carrito	2	X						
109	Coloca varilla de mandril en la máquina	3	X						
110	Toma eyector de carrito	2	X						
111	Coloca eyector en máquina	4	X						
112	Toma plato de carrito	2	X						X
113	Coloca plato en máquina	5	X						X
114	Toma postes de la máquina	2	X						
115	Coloca postes en parte central de la máquina	10	X						
116	Camino hacia mesa de trabajo	5	X					X	
117	Toma postes	2	X					X	
118	Regreso a máquina	5	X					X	
119	Coloca postes en parte central de la máquina	6	X						
120	Toma paleta de la máquina	2	X						X
121	Introduce paleta en la parte central de la máquina	2	X						
122	Revisa postes	2	X						
123	Toma papel	1	X					X	
124	Limpia parte central de la máquina	2	X						
125	Deja papel en la máquina	1	X					X	
126	Toma desatornillador	1	X						
127	Desatornillar portapreforma inferior	2	X						
128	Deja desatornillador	1	X						
129	Toma llave Allen	1	X						
130	Desatornillar portapreforma superior	2	X						
131	Toma desatornillador	1	X						X
132	Coloca desatornillador en su lugar	2	X						
133	Preajuste de portapreforma	6	X						
134	Deja llave Allen sobre máquina	1	X						
135	Toma las pinzas	1	X						
136	Preajuste de portapreforma	1	X						
137	Deja pinzas	1	X						
138	Toma llave Allen	1	X						
139	Aprieta tornillos en parte central de la máquina	10	X						
140	Toma las pinzas	1	X						
141	Asegura la parte central de la máquina	8	X						
142	Toma la llave Allen	1	X						X
143	Afloja calza	26	X						
144	Retira calza	2	X						
145	Deja calzas encima de la máquina	2	X						
146	Toma llave Allen	1	X						X
147	Afloja la parte central de la máquina	19	X						
148	Deja llave Allen	1	X						
149	Camina hacia mesa de trabajo	5	X					X	
150	Toma mazo	4	X						X
151	Regresa a máquina	5	X					X	
152	Saca leva de mesa con maso	2	X						X
153	Deja mazo en la máquina	1	X					X	
154	Toma tornillos	2	X						X
155	Coloca tornillos en portapreforma	6	X						
156	Toma tornillos	5	X						X
157	Coloca tornillos en portapreforma	5	X						
158	Coloca portapreforma en parte central de la máquina	2	X						
159	Aprieta tornillos de portapreforma en máquina	21	X						
160	Camina hacia mesa por calzas	5	X						X
161	Camina a maquina	5	X					X	

269	Atornilla en feeder	6		X															
270	Cierra manibela de feeder	6		X															
271	Camina a carrito de herramientas	4	X																
272	Toma llave allen	1	X																
273	Aprieta tornillos de feeder	25		X															
274	Mueve manivelas de feeder	5		X															
275	Deja herramienta en máquina	1	X																
276	Toma tuerca de máquina	3	X															X	
277	Aprieta tornillos con tuerca	6		X															
278	Cierra manibela de feeder	1		X															
279	Toma herramienta de máquina	1	X																
280	Aprieta tornillo de feeder con herramienta y tuerca	10		X															
281	Suelta herramientas	1	X																
282	Ajusta manivelas y tornillos en feeder	20		X															
283	Camina a tablero de control	1	X																
284	Activa feeder y ajusta	10	X																
285	Ajusta material de feeder	24		X															
286	Cierra manibela de feeder	1		X															
287	Activa feeder	17	X																
288	Saca prueba de medida de material	2	X																
289	Camina a mesa de trabajo	5	X																
290	Toma herramienta de medición	3	X																X
291	Camina a máquina	5	X																
292	Mide la prueba sacada	3	X																
293	Deja herramienta de medición en máquina	1	X																
294	Desecha la prueba	1	X																X
295	Realiza ajuste en parte central de la máquina	5		X															
296	Activa feeder	8	X																
297	Saca prueba de medida de material	1	X															X	
298	Limpia la prueba	3	X															X	
299	Mide la prueba sacada	5	X															X	
300	Desecha la prueba	1	X															X	
301	Deja herramienta de medición en máquina	1	X																X
302	Activa feeder	10	X																X
303	Saca prueba de medida de material	1	X															X	
304	Limpia la prueba	3	X															X	
305	Mide la prueba sacada	6	X															X	
306	Desecha la prueba	1	X															X	
307	Deja herramienta de medición en máquina	1	X															X	
308	Activa feeder	14	X															X	
309	Saca prueba de medida de material	1	X															X	
310	Mide la prueba sacada	7	X															X	
311	Desecha la prueba	1	X															X	
312	Deja herramienta de medición en máquina	1	X															X	
313	Ajusta parte central de la máquina	2		X															X
314	Activa feeder	13	X																X
315	Saca prueba de medida de material	1	X															X	
316	Limpia la prueba	3	X															X	
317	Mide la prueba sacada	5	X															X	
318	Desecha la prueba	1	X															X	
319	Deja herramienta de medición en máquina	1	X															X	
320	Activa feeder	3	X																X
321	Ajusta parte central de la máquina	2		X															X
322	Activa feeder	5	X																

323	Realiza parametros en el tablero de control	10		X															
324	Deja mando de tablero de control en su lugar	1	X																
325	Toma topes de máquina	2	X																X
326	Coloca topes en feeder	12		X															
327	Toma llave Allen	1	X											X					
328	Atornilla topes	25		X															X
329	Deja llave Allen	1	X											X					
330	Va a tablero de control	1	X																
331	Activa feeder	20	X																
332	Toma tope	2	X																
333	Coloca tope en el feeder	21		X															
334	Toma llave Allen	1	X											X					
335	Atornilla tope	24		X															X
336	Camina a tablero de control	2	X																
337	Activa feeder	4	X																
338	Ajusta maquina	40		X															
339	Deja llave Allen	1	X											X					
340	Prueba feeder y parte central de la máquina	11	X																
341	Toma prueba	1	X																
342	Limpia la prueba	3	X																
343	Toma vernier	1	X																
344	Mide prueba	9	X																
345	Coloca prueba en contenedor de scrap	1	X																
346	Deja vernier	1	X																
347	Toma llave Allen	1	X											X					
348	Ajusta feeder	15		X															
349	Activa feeder	10	X																
350	Toma prueba	1	X																
351	Limpia prueba	3	X											X					
352	Toma vernier	1	X											X					
353	Mide prueba	12	X											X					
354	Deja prueba en carrito	1	X																
355	Deja vernier en máquina	2	X																
356	Toma mando de control de la máquina	1	X																
357	Toma puente de carrito	2	X																
358	Deja mando	1	X																
359	Coloca puente en parte central de la máquina	3		X															
360	Toma llave Allen	2	X											X					
361	Ajusta parte central de la máquina	16		X															X
362	Toma llave Allen	1	X											X					X
363	Ajusta	6		X															X
364	Deja llave Allen	1	X											X					
365	Ajusta	35		X															X
366	Deja llave Allen	1	X											X					
367	Toma mando de control de la maquina	1	X																
368	Activa feeder	16	X																
369	Toma buje de prueba	1	X																
370	Limpia buje	3	X																
371	Camina a mesa de trabajo	6	X																
372	Mide buje de prueba	17	X																
373	Camina a carrito de herramientas	6	X																
374	Toma prueba	2	X																
375	Camina hacia mesa de trabajo	3	X																
376	Deja prueba en carrito	1	X																

377	Camina a máquina	3	X																
378	Activa feeder	3	X																
379	Camina hacia mesa de trabajo	3	X																
380	Toma llave Allen	1	X																
381	Camina hacia máquina	3	X																
382	Toma sensore de mutilación	2		X															
383	Retiro sensores	6		X															X
384	Limpia cables	2		X															X
385	Metió sensor	26		X															X
386	Toma llave Allen	1	X																X
387	Ajusta sensor	3		X															
388	Activa display de sensor	9	X																
389	Toma llave Allen	2	X																X
390	Ajusta	4		X															X
391	Deja llave Allen	1	X																X
392	Coloca cables en sensores	10		X															
393	Ajusta sensor en máquina	6		X															
394	Toma llave Allen	2	X																X
395	Ajusta sensor	30		X															
396	Activa display de sensor	1	X																
397	Activa feeder	10	X																
398	Toma holder de matriz	2	X																
399	Coloca holder en su lugar	9	X																
400	Toma Holder nuevo	2	X																
401	Coloca holder en maquina y ajusta	4		X															
402	Toma llave Allen	1	X																
403	Atornilla parte central de la máquina	4		X															
404	Activa feeder	5	X																
405	Toma holder de matriz de la máquina	1	X																
406	Coloca holder de matriz	2		X															
407	Toma birlos	2	X																X
408	Coloca birlos	42		X															X
409	Activa feeder	3	X																
410	Toma matriz del carrito	2	X																
411	Coloca matriz en la máquina	4		X															
412	Toma llave Allen	1	X																

413	Ajusta matriz	50		X															
414	Deja llave Allen	1	X																
415	Revisa ajuste de matriz	3	X																
416	Activa feeder	3	X																
417	Ajusta mangueras de lubricación	4		X															
418	Revisa parametros	3	X																
419	Retira eyector	3		X															
420	Toma buje de prueba	2	X																
421	Camina a mesa de trabajo	8	X																
422	Mide buje de prueba	52	X																
423	Camina a maquina	8	X																
424	Toma eyector	2	X																
425	Camina a mesa de trabajo	6	X																
426	Realiza mediciones	63	X																
427	Camina a carrito de herramientas	6	X																
428	Toma toallas de papel	3	X																X
429	Camina a mesa de trabajo	6	X																
430	Mide buje de prueba	118	X																
431	Camina a carrito de herramientas	6	X																
432	Deja eyector	1	X																
433	Camina a mesa de trabajo	6	X																
434	Regresa a máquina	6	X																
435	Activa feeder	2	X																
436	Toma llave Allen	1	X																
437	Ajusta máquina	31		X															
438	Limpia llave Allen	5	X																
439	Coloca herramientas en su lugar dentro de la máquina	2	X																
440	coloca llave en su luga	2	X																
441	Toma llave allen roja	1	X																
442	Limpia llave allen roja	2	X																X
443	Coloca llave allen en su lugar	2	X																
444	Limpia herraminetas y las coloca en su lugar	17	X																
445	Camina a carrito de herramientas	5	X																
446	Deja herramientas	2	X																
447	Camina a maquina	5	X																
448	Toma pinzas y maso	2	X																
449	Coloca herramientas en su lugar	40	X																
450	Toma set up de puerta de la máquina	1	X																
451	camina a mesa de trabajo	3	X																
452	Deja set up en mesa de trabajo	1	X																
453	Camina a máquina	3	X																
454	Toma tolva de descarte	1	X																
455	Coloca tolva de descarte en su posición	3		X															
456	Cierra puertas de máquina	2	X																

Anexo 5. Actividades antes y después de aplicar técnica ECRS

No	ACTIVIDADES ANTES	TIEMPO (seg)	IA		No	ACTIVIDADES DESPUES
1	Tomo toallas de papel	7	x		1	Toma hoja de set up
2	Coloca papel sobre carrito	1	x		2	Camina a máquina
3	Toma carrito de herramientas	1	x		3	Coloca hoja de set en máquina
4	Acerca carrito de herramientas a tablero de control	8	x		4	Acomoda carro de herramientas
5	Toma mandril del carrito de herramientas	1	x		5	Baja palancas de feeder
6	Camino hacia mesa de trabajo	5	x		6	Quita mangueras
7	Regresa a carrito de herramienta	5	x		7	Desmonta tolva
8	Deja mandril sobre carrito	1	x		8	Coloca tolva en su lugar
9	Regresa a mesa de trabajo	5	x		9	Toma desatornillador
10	Regresa a carrito de herramientas	5	x		10	Quita tornillos de Holder de Matriz
11	Toma mandril del carrito de herramientas	1	x		11	Desmonta holder de matriz
12	Regresa a mesa de trabajo	5	x		12	Coloca holder de matriz en máquina
13	Toma varilla de mandril	2	x		13	Quita pisadores
14	Arma mandril con varilla	8	x		14	Quita matriz
15	Regresa a carrito	5	x		15	Coloca matriz en parte lateral de máquina
16	Deja varilla de mandril en carrito	2	x		16	Activa Feeder
17	Camina hacia máquina	3	x		17	Toma desatornillador
18	Toma tolva de descarte	2	x		18	Desatornilla preformas
19	Desmonta tolva de descarte	3	x		19	Quita preformas
20	Coloca tolva de descarte en máquina	2	x		20	Coloca preformas en carro
21	Camina hacia mesa de trabajo	5	x		21	Coloca portapreformas
22	Toma desatornillador	2	x		22	Quita calzas
23	Regresa a máquina	5	x		23	Coloca calzas en carro
24	Quita tornillos de holder de matriz	9	x		24	Toma llave Allen
25	Desmonta holder de matriz	3	x		25	Quita soporte de dado
26	Deja holder de matriz en máquina	1	x		26	Deja soporte en máquina
27	Regresa a carrito	2	x		27	Toma llave Allen
28	Acomoda carrito	5	x		28	Deja desatornillador en piso
29	Toma papel del carrito	1	x		29	Con llave Allen desatornilla postes
30	Se limpia las manos	1	x		30	Coloca postes en parte lateral
31	Regresa a máquina	1	x		31	Quita Leva
32	Toma holder de matriz	1	x		32	Coloca Leva en carro
33	Retira matriz del holder	3	x		33	Coloca postes en carro
34	Deja matriz sobre máquina	1	x		34	Retira material sobrante de feeder
35	Lleva holder de matriz a carrito	3	x		35	Desecha material sobrante
36	Toma papel	1	x		36	Desmonta Dado
37	Regresa a máquina	2	x		37	Coloca Dado en carro
38	Se limpia las manos	1	x		38	Toma nuevo Dado de carro
39	Deja papel en la máquina	1	x		39	Coloca dado en máquina
40	Toma pinzas de máquina	1	x		40	Revisa Dado
41	Toma calzas de máquina	2	x		41	Lee Hoja de Set Up
42	Introduce calzas en porta preformas	1	x		42	Retira Dado
43	Regresa a tablero de control	1	x		43	Deja dado en carro
					44	Se limpia las manos

44	Introduce parametros	3	x		45	Toma soporte de dado
45	Activa feeder	1		x	46	Coloca soporte de dado
46	Mueve manivelas de feeder	1		x	47	Toma llave Allen
47	Retira el material	5		x	48	Atornilla soporte de dado
48	Dobla el material sobrante	2	x		49	Coloca llave Allen en su lugar
49	Camina hacia contenedor de scrap	5	x		50	Toma desatornillador
50	Deposita el material sobrante	1	x		51	Desatornilla levas
51	Camina hacia a toallas de papel	2	x		52	Deja desatornillador
52	Toma toalla de papel	3	x		53	Toma Mazo
53	Se limpia las manos	2	x		54	Saca portapreformas
54	Regresa a máquina	5	x		55	Toma portapreformas
55	Toma desatornillador	1		x	56	Coloca portapreformas nuevo
56	Quita dados de holder	16		x	57	Atornilla portapreformas
57	Retira holder	2		x	58	Toma otra portapreformas
58	Coloca holder en base de máquina	2	x		59	Atornilla portapreformas
59	Toma papel	1	x		60	Deja desatornillador
60	Se limpia las manos	2	x		61	Toma llave Allen
61	Toma las pinzas	1		x	62	Desmonta Leva
62	Coloca pinzas en maquina	1		x	63	Deja Leva
63	Toma manguera de soluble	1		x	64	Desmonta leva superior
64	Mueve de lugar la manguera de lubricación	4	x		65	Deja Leva en máquina
65	Toma desatornillador	1		x	66	Toma Leva de máquina
66	Desatornilla platinas	7	x		67	Coloca leva en parte superior de máquina
67	Deja desatornillador	1	x		68	Toma tornillos
68	Camina hacia mesa de trabajo	4	x		69	Coloca Tornillos
69	Toma llave Allen	1	x		70	Toma Mazo
70	Regresa a máquina	4		x	71	acomoda leva con mazo
71	Retira sensores de mutilación	10		x	72	deja mazo
72	Retira cables de sensores	2		x	73	toma tornillos
73	Pone en carrito de herramientas sensor de mutilación	2		x	74	coloca tornillos
74	Quita mangueras de sensor	10		x	75	deja llave allen en su lugar
75	Pone en carrito de herramientas sensor de mutilación	2	x		76	toma mazo
76	Dejo llave Allen en máquina	1		x	77	quita leva del soporte
77	Acomoda cables	3		x	78	coloca soporte de leva
78	Toma llaven Allen	2	x		79	Toma leva
79	Desatornilla sensor	12		x	80	Coloca leva
80	Toma llave Allen	2	x		81	Toma mazo
81	Desatornilla sujetador de dado	6		x	82	Ajusta leva con mazo
82	Retira dado	5		x	83	deja mazo
83	Coloca dado en carrito	4	x		84	toma tornillos
84	Retira postes del plato	4		x	85	coloca tornillos
85	Coloca postes sobre la máquina	2		x	86	se limpia las manos
86	Quita plato	3		x	87	Camina a panel de control
87	Coloca plato en carrito	2		x	88	Indica parametros
89	Toma llave Allen	1		x	90	ajusta leva superior
90	Desatornilla birlos centrales	13		x	91	toma desatornillador
91	Retira birlos centrales	2	x		92	ajusta tornillos de leva
92	Coloca los birlos en el carrito	2	x		93	deja desatornillador
93	Toma desatornillador	2	x		94	indica parametros
94	Desatornilla los topes	4		x	95	toma desatornillador
95	Toma llave Allen azul	1	x		96	aprieta tornillos de leva inferior
96	Desatornilla topes	14		x	97	indica parametros
97	Deja llave Allen	1	x		98	Toma llave allen
98	Toma desatornillador	1	x		99	desatornilla RAM
99	Desatornilla topes	9		x	100	deja llave allen en carro
100	Retira topes	2		x	101	toma dado
101	Coloca topes sobre la máquina	1		x	102	Activa Feeder
102	Deja desatornillador	1	x		103	coloca dado
103	Camina hacia atrás de la máquina	20	x		104	Activa Feeder
104	Empuja varilla de mandril	5		x	105	toma palanca de dado
105	Regresa a máquina	20	x		106	coloca palanca en dado
106	Saca varilla de mandril	2		x	107	Toma llave Allen
107	Lleva varilla de mandril a mesa de trabajo	5	x		108	ajusta palanca
108	Toma nueva varilla de mandril del carrito	2	x		109	deja llave
109	Coloca varilla de mandril en la máquina	3		x	110	Revisa hoja de set up
110	Toma eyector de carrito	2	x		111	afloja RAM

111	Coloca eyector en máquina	4	x		112	Activa Feeder
112	Toma plato de carrito	2	x		113	Toma llave allen
113	Coloca plato en máquina	5		x	114	quita palanca de dado
114	Toma postes de la máquina	2	x		115	quita dado
115	Coloca postes en parte central de la máquina	10		x	116	Toma llave allen
116	Camino hacia mesa de trabajo	5	x		117	realiza ajustes a dado
117	Toma postes	2	x		118	Revisa hoja de set up
118	Regreso a máquina	5	x		119	realiza ajustes a dado
119	Coloca postes en parte central de la máquina	6		x	120	Coloca dado en máquina
120	Toma paleta de la máquina	2		x	121	Activa Feeder
121	Introduce paleta en la parte central de la máquina	2		x	122	inspecciona dado
122	Revisa postes	2		x	123	quita dado
123	Toma papel	1	x		124	Coloca Dado en carro
124	Limpia parte central de la máquina	2		x	125	realiza ajustes a dado
125	Deja papel en la máquina	1	x		126	Coloca dado en máquina
126	Toma desatornillador	1	x		127	Activa Feeder
127	Desatornillar portapreforma inferior	2		x	128	inspecciona dado
128	Deja desatornillador	1	x		129	coloca palanca en dado
129	Toma llave Allen	1	x		130	Toma llave allen
130	Desatornillar portapreforma superior	2		x	131	atornilla palanca
131	Toma desatornillador	1	x		132	deja llave
132	Coloca desatornillador en su lugar	2	x		133	Activa Feeder
133	Preajuste de portapreforma	6		x	134	Revisa hoja de set up
134	Deja llave Allen sobre máquina	1	x		135	Va a mesa de trabajo
135	Toma las pinzas	1	x		136	toma varilla
136	Preajuste de portapreforma	1		x	137	realiza ajustes a varilla
137	Deja pinzas	1	x		138	regresa a máquina
138	Toma llave Allen	1	x		139	coloca varilla
139	Aprieta tornillos en parte central de la máquina	10		x	140	indica parametros
140	Toma las pinzas	1	x		141	revisa colocacion de varilla
141	Asegura la parte central de la máquina	8		x	142	indica parametros
142	Toma la llave Allen	1	x		143	Camina a parte trasera de máquina
143	Afloja calza	26		x	144	ajusta varilla
144	Retira calza	2		x	145	camina a máquina
145	Deja calzas encima de la máquina	2		x	146	toma mazo
146	Toma llave Allen	1	x		147	ajusta varilla con mazo
147	Afloja la parte central de la máquina	19		x	148	deja mazo
148	Deja llave Allen	1	x		149	toma plato
149	Camina hacia mesa de trabajo	5	x		150	coloca plato
150	Toma mazo	4	x		151	toma postes
151	Regresa a máquina	5	x		152	coloca postes
152	Saca leva de mesa con maso	2		x	153	toma preformas de carro
153	Deja mazo en la máquina	1	x		154	coloca preformas en máquina
154	Toma tornillos	2	x		155	toma poste central del carro
155	Coloca tornillos en portapreforma	6		x	156	coloca poste en plato
156	Toma tornillos	5	x		157	Activa Feeder
157	Coloca tornillos en portapreforma	5	x		158	toma calzas de parte lateral de máquina
158	Coloca portapreforma en parte central de la máquina	2		x	159	coloca calzas
159	Aprieta tornillos de portapreforma en máquina	21		x	160	Toma llave allen
160	Camina hacia mesa por calzas	5	x		161	ajusta parte inferior
161	Camina a maquina	5	x		162	toma mazo
162	Coloca calzas en portapreformas	3		x	163	ajusta con mazo
163	Toma llave Allen	1	x		164	deja mazo
164	Atornilla calzas	35		x	165	Toma llave allen
165	Afloja tornillos de calzas inferiores	27		x	166	atornilla parte central
166	Saca calzas inferiores	5		x	167	toma mazo
167	Toma leva	2		x	168	ajusta con mazo
168	Saca leva	2		x	169	deja mazo
169	Coloca leva sobre maquina	1	x		170	Toma llave allen
170	Toma portapreforma	1		x	171	revisa plato
171	Coloca portapreforma en parte central de la máquina	11		x	172	deja llave en carro
172	Toma calza	1		x	173	Activa Feeder
173	Coloca calza	2		x	174	atornilla plato
174	Aprieta calza	19		x	175	Activa Feeder
175	Afloja tornillo de leva	27		x	176	toma desatornillador
176	Saca leva de maquina	2		x	177	atornilla postes de plato

177	Coloca leva en maquina	1	x		178	deja desatornillador
178	Saca tapas de levas	7	x		179	Activa Feeder
179	Coloca leva sin tapa en parte central de la máquina	10		x	180	toma desatornillador
180	Coloca tapa en leva	5		x	181	desatornilla tope de feeder
181	Atornilla tapa	10		x	182	quita tope
182	Deja la llave Allen	1	x		183	coloca tope en carro
183	Toma otra leva	1	x		184	desatornilla otro tope
184	Coloca leva en parte inferior de la máquina	5		x	185	quita tope
185	Coloca tapa en leva de la parte inferior de la máquina	5		x	186	coloca tope en carro
186	Toma llave Allen azul	1	x		187	Toma llave allen
187	Atornilla tapa en leva en parte inferior de la máquina	7		x	188	desatornilla feeder
188	Deja llave Allen	1	x		189	quita manibelas de feeder
189	Camina hacia tablero de control	1	x		190	coloca manibela feeder en máquina
190	Introduce parametros en tablero de control	2	x		191	ajusta feeder
191	Acomoda máquina	2		x	192	toma puentes
192	Activa feeder	10	x		193	coloca puentes en máquina
193	Visualiza parametros de control	10	x		194	Ajusta feeder
194	Camina a máquina	1	x		195	toma manibela de feeder
195	Ajusta maquina manualmente	5		x	196	coloca tornillos en manibela
196	Toma mazo	1	x		197	coloca manibela en feeder
197	Aprieta parte superior de la máquina	28		x	198	coloca tornillos
198	Suelta mazo	1	x		201	Toma llave allen
199	Toma llave Allen azul	1	x		202	atornilla manibela de feeder
200	Atornilla parte superior de la máquina	21		x	203	desatornilla puentes de feeder
201	Camina a tablero de control	1	x		204	deja puentes en gaveta
202	Activa feeder	5	x		205	coloca puente
203	Visualiza parametros de control	10	x		206	atornilla puentes en feeder
204	Deja llave Allen en máquina	1	x		207	ajusta feeder
205	Se limpia las manos	2	x		208	Coloca calzas en su lugar
206	Toma llave Allen azul	1	x		209	acomoda tira de material
207	Atornilla tapa en leva en parte inferior de la máquina	20		x	210	toma llave
208	Camina a tablero de control	1	x		211	ajusta feeder
209	Activa feeder	12	x		212	Toma llave allen
210	Toma birlos de carrito de herramientas	1	x		213	atornilla manibelas de feeder
211	Coloca birlos centrales en parte central de la máquina	8		x	214	cierra palanca de feeder
212	Toma llave Allen	1	x		215	toma tuerca
213	Atornilla birlos centrales	9		x	216	aprieta manibelas de feeder
214	Deja llave Allen	1	x		217	deja tuerca
215	Camina a carrito de herramientas	1	x		218	toma llaven
216	Acomoda carrito de herramientas	2	x		219	ajusta feeder
217	Camina a mesa de trabajo 17:28	6	x		220	abre palancas de feeder
218	Toma eyector	3	x		221	acomoda tira de material
219	Camina a máquina	6	x		222	toma llave
220	Coloca eyector en parte central de la máquina	4		x	223	ajusta feeder
221	Toma llave Allen	1	x		224	Activa Feeder
222	Atornilla atornilla	1		x	225	aprieta RAM
223	Activa feeder	6	x		226	ajusta feeder
224	Ajusta eyector	23		x	227	acomoda tira de material
225	Atornilla parte central de la máquina	19		x	228	corta tira
226	Toma pinzas de máquina	1	x		229	desecha tira
227	Aprieta parte central de la máquina	6		x	230	Activa Feeder
228	Deja pinzas	1	x		231	saca prueba
229	Activa feeder	7	x		232	toma vernier
230	Saca eyector	1	x		233	mide prueba
231	Deja eyector en máquina	1	x		234	
232	Toma papel	1	x		235	
233	Limpia máquina	5		x		

Anexo 6. Ideas de mejora

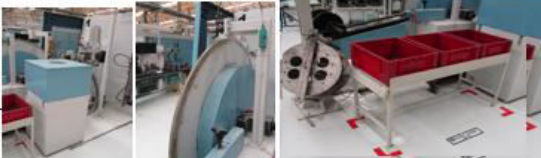
No	ACTIVIDADES ANTES	TIEMPO (seg)	IA	Acciones	Traslado	Almacenamiento	Extracción	Montaje	Desmontaje	Inspección	Revisión	Reparación	Reemplazo	IDEAS DE MEJORA
1	Tomo toallas de papel	7	x											X Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
2	Coloca papel sobre carrito	1	x											X Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
5	Toma mandril del carrito de herramientas	1	x											Varilla pre-armada
6	Caminó hacia mesa de trabajo	5	x											Vernier cercano (asignar espacio)
7	Regresa a carrito de herramienta	5	x											Vernier cercano (asignar espacio)
8	Deja mandril sobre carrito	1	x											X Sujetador para varilla
11	Toma mandril del carrito de herramientas	1	x											Adaptar base específico para mandril y cercano al área
12	Regresa a mesa de trabajo	5	x											Adaptar base específico para mandril y cercano al área
13	Toma varilla de mandril	2	x											
14	Arma mandril con varilla	8	x											Varilla pre-armada
15	Regresa a carrito	5	x											Varilla pre-armada
16	Deja varilla de mandril en carrito	2	x											Varilla pre-armada
17	Camina hacia máquina	3	x											
18	Toma tolva de descarte	2	x											
19	Desmonta tolva de descarte	3	x											
20	Coloca tolva de descarte en máquina	2	x											
21	Camina hacia mesa de trabajo	5	x											
22	Toma desatornillador	2	x											Destornillador dentro de máquina
23	Regresa a máquina	5	x											Destornillador dentro de máquina
24	Quita tornillos de holder de matriz	9	x											Destornillador dentro de máquina
25	Desmonta holder de matriz	3	x											
26	Deja holder de matriz en máquina	1	x											
27	Regresa a carrito	2	x											
28	Acomoda carrito	5	x											
29	Toma papel del carrito	1	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
34	Deja matriz sobre máquina	1	x											X Buscar lugar fijo de colocación
35	Lleva holder de matriz a carrito	3	x											Optimizar espacio específico para holder
36	Toma papel	1	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
37	Regresa a máquina	2	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
38	Se limpia las manos	1	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
39	Deja papel en la máquina	1	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
40	Toma pinzas de máquina	1	x											
41	Toma calzas de máquina	2	x											
42	Introduce calzas en porta preformas	1	x											
43	Regresa a tablero de control	1	x											
44	Introduce parámetros	3	x											
45	Activa feeder	1	x											
46	Mueve manivelas de feeder	1	x											
47	Retira el material	5	x											
48	Dobla el material sobrante	2	x											
49	Camina hacia contenedor de scrap	5	x											Modificar orden (dejarlo al final del cambio de modelo) y considerar salida de material desechado hacia fuera de cabina.
50	Deposita el material sobrante	1	x											
51	Camina hacia a toallas de papel	2	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
52	Toma toalla de papel	3	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
53	Se limpia las manos	2	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
54	Regresa a máquina	5	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
55	Toma desatornillador	1	x											
56	Quita dados de holder	16	x											
57	Retira holder	2	x											
58	Coloca holder en base de máquina	2	x											
59	Toma papel	1	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
60	Se limpia las manos	2	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
88	Revisa postes	3	x											X Colores en postes acero y cloyes
89	Toma llave Allen	1	x											X
90	Desatornilla birlos centrales	13	x											
91	Retira birlos centrales	2	x											
92	Coloca los birlos en el carrito	2	x											X Acondicionar lugar fijo
93	Toma desatornillador	2	x											X
94	Desatornilla los topes	4	x											
95	Toma llave Allen azul	1	x											X
96	Desatornilla topes	14	x											
97	Deja llave Allen	1	x											
98	Toma desatornillador	1	x											
99	Desatornilla topes	9	x											
100	Retira topes	2	x											
101	Coloca topes sobre la máquina	1	x											Buscar lugar fijo
102	Deja desatornillador	1	x											
103	Camina hacia atrás de la máquina	20	x											
104	Empuja varilla de mandril	5	x											Optimizar la sujeción conservando la seguridad (revisar si es necesaria en B4)
105	Regresa a máquina	20	x											
106	Saca varilla de mandril	2	x											
107	Lleva varilla de mandril a mesa de trabajo	5	x											
108	Toma nueva varilla de mandril del carrito	2	x											
109	Coloca varilla de mandril en la máquina	3	x											
110	Toma eyector de carrito	2	x											
111	Coloca eyector en máquina	4	x											
112	Toma plato de carrito	2	x											X Asignar espacio específico
113	Coloca plato en máquina	5	x											
114	Coloca postes de la máquina	2	x											X Asignar espacio específico
115	Coloca postes en parte central de la máquina	10	x											
116	Camino hacia mesa de trabajo	5	x											
117	Toma postes	2	x											Lugar cercano en máquina/sobre carrito
118	Regresa a máquina	5	x											
120	Toma paleta de la máquina	2	x											X Agregar repuesto
121	Introduce paleta en la parte central de la máquina	2	x											
122	Revisa postes	2	x											
123	Toma papel	1	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)
124	Limpia parte central de la máquina	2	x											
125	Deja papel en la máquina	1	x											Tomar toallas cerca (adaptar al carrito o arriba en techo de cabina)

140

Anexo 7. Instrucciones de limpieza Bihler 2

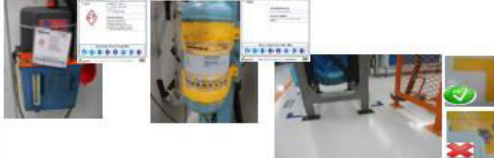
		APLICACIÓN DE 5'S Máquina: Bihler 2							
Nivel de revisión	4	Escrito por	Mejora Continua	Instrucción de aplicación 5'S	1 de 2				
Fecha de revisión	23/01/2025	Aprobado por	Responsable del Área: _____ Ing. Mejora Continua: _____	FRECUENCIA DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL					
TURNO: 		OBSERVACIONES: SI DURANTE LA EJECUCION DE LAS 5'S SE ENCUENTRA ALGUN PUNTO FUERA DE ESTANDAR AVISAR A SUPERVISOR DE PRODUCCION E INGENIERO DE MEJORA CONTINUA							
SELECCIÓN (SEIRI)									
1 Identificar materiales, herramientas o equipos que no correspondan al área o estén fuera de uso con tarjeta de identificación "SEIRI" y colocarlos en espacio de material seleccionado.			Semanal		20 min				
			1ER SEMANA	1 T					
			2DA SEMANA	1 T					
			3RA SEMANA	1 T					
			4TA SEMANA	1 T					
			Nota: La actividad será realizada el día Viernes.						
ORDEN (SEITON)									
2 Ordenar los cajones del carro de herramienta.			DIARIO FIN DE CADA TURNO		3 min				
			1	2	3	4	5	6	7
			8	9	10	11	12	13	14
			15	16	17	18	19	20	21
			22	23	24	25	26	27	28
			29	30	31				
3 Ordenar equipos de medición, carpetas de procedimientos e información o documentación del proceso (traveler, Cils's, 5,s) en mesa de inspección.			DIARIO FIN DE CADA TURNO		2 min				
			1	2	3	4	5	6	7
			8	9	10	11	12	13	14
			15	16	17	18	19	20	21
			22	23	24	25	26	27	28
			29	30	31				

4	Ordenar estantes de mesa tooling, herramental medicion y aceites. NO REQUIERE PARO		<table border="1"> <tr> <th colspan="6">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th colspan="2">1 min</th> </tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO						1 min		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
DIARIO FIN DE CADA TURNO						1 min																																									
1	2	3	4	5	6	7																																									
8	9	10	11	12	13	14																																									
15	16	17	18	19	20	21																																									
22	23	24	25	26	27	28																																									
29	30	31																																													
LIMPIEZA (SEISO)																																															
5	Limpiar espacio de rack de Entrada de material y pasillo principal de operación... (Aceite, papeles, scrap). NO REQUIERE PARO		<table border="1"> <tr> <th colspan="6">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th colspan="2">2 min</th> </tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO						2 min		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
DIARIO FIN DE CADA TURNO						2 min																																									
1	2	3	4	5	6	7																																									
8	9	10	11	12	13	14																																									
15	16	17	18	19	20	21																																									
22	23	24	25	26	27	28																																									
29	30	31																																													
 APLICACIÓN DE 5'S Máquina: Bihler 2 																																															
Nivel de revisión	4	Escrito por	Mejora Continua		Instrucción de LIMPIEZA		2 de 2																																								
Fecha de revisión	23/01/2025	Responsable del Área: _____ Ing. Mejora Continua: _____			FRECUENCIA DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL																																										
TURNO: ☒ 1ero ☒ 2do ☐ 3ero		OBSERVACIONES SI DURANTE LA EJECUCION DE LAS 5'S SE ENCUENTRA ALGUN PUNTO FUERA DE ESTANDAR AVISAR A SUPERVISOR DE PRODUCCION E INGENIERO DE MEJORA CONTINUA																																													
6	Limpiar mesa de inspeccion incluidos equipos de medicion, prensa, tornillo de banco, cajones de mesa, equipo de computo. NO REQUIERE PARO			<table border="1"> <tr> <th colspan="6">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th colspan="2">5 min</th> </tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO						5 min		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
DIARIO FIN DE CADA TURNO						5 min																																									
1	2	3	4	5	6	7																																									
8	9	10	11	12	13	14																																									
15	16	17	18	19	20	21																																									
22	23	24	25	26	27	28																																									
29	30	31																																													
7	Limpiar suciedad acumulada en carritos de herramienta, dejar libre de objetos en parte superior. NO REQUIERE PARO		<table border="1"> <tr> <th colspan="6">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th colspan="2">5 min</th> </tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO						5 min		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
DIARIO FIN DE CADA TURNO						5 min																																									
1	2	3	4	5	6	7																																									
8	9	10	11	12	13	14																																									
15	16	17	18	19	20	21																																									
22	23	24	25	26	27	28																																									
29	30	31																																													

8 Limpieza de guardas de maquinas frente y trasera, cubrepolvos, vidrios de guardas, panel de maquina, y tablero de control. REQUIERE PARO		<table border="1"> <tr> <th colspan="6">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th colspan="2">5 min</th> </tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO						5 min		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31													
DIARIO FIN DE CADA TURNO						5 min																																																
1	2	3	4	5	6	7																																																
8	9	10	11	12	13	14																																																
15	16	17	18	19	20	21																																																
22	23	24	25	26	27	28																																																
29	30	31																																																				
9 limpiar suciedad acumulada inferior ,superior y parte trasera en mesa de trabajo, embobinador, maquina, carros, bancos. REQUIERE PARO		<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Semanal</th> <th>20 min</th> </tr> <tr> <td>1ER SEMANA</td> <td>1 T</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2DA SEMANA</td> <td>1 T</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3RA SEMANA</td> <td>1 T</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4TA SEMANA</td> <td>1 T</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Nota: La actividad será realizada el día Lunes.</td> </tr> </table>	Semanal			20 min	1ER SEMANA	1 T			2DA SEMANA	1 T			3RA SEMANA	1 T			4TA SEMANA	1 T			Nota: La actividad será realizada el día Lunes.																															
Semanal			20 min																																																			
1ER SEMANA	1 T																																																					
2DA SEMANA	1 T																																																					
3RA SEMANA	1 T																																																					
4TA SEMANA	1 T																																																					
Nota: La actividad será realizada el día Lunes.																																																						
ESTANDARIZACION (SEIKETSU)																																																						
10 Estandarizar letreros , etiquetas y escuadras de toda la operación. NO REQUIERE PARO		<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Semanal</th> <th>20 min</th> </tr> <tr> <td>1ER SEMANA</td> <td>1 T</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2DA SEMANA</td> <td>1 T</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3RA SEMANA</td> <td>1 T</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4TA SEMANA</td> <td>1 T</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Nota: La actividad será realizada el día Viernes.</td> </tr> </table>	Semanal			20 min	1ER SEMANA	1 T			2DA SEMANA	1 T			3RA SEMANA	1 T			4TA SEMANA	1 T			Nota: La actividad será realizada el día Viernes.																															
Semanal			20 min																																																			
1ER SEMANA	1 T																																																					
2DA SEMANA	1 T																																																					
3RA SEMANA	1 T																																																					
4TA SEMANA	1 T																																																					
Nota: La actividad será realizada el día Viernes.																																																						
 APLICACIÓN DE 5'S Máquina: Bihler 2 																																																						
Nivel de revisión	4	Escrito por _____ Mejora Continua	Instrucción de LIMPIEZA 2 de 2																																																			
Fecha de revisión	23/01/2025	Responsable del Área: _____ Ing. Mejora Continua: _____	FRECUENCIA DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL																																																			
TURNO: ☒ 1ero ☐ 2do ☐ 3ero ☐ 4to	OBSERVACIONES: SI DURANTE LA EJECUCION DE LAS 5'S SE ENCUENTRA ALGUN PUNTO FUERA DE ESTANDAR AVISAR A SUPERVISOR DE PRODUCCION E INGENIERO DE MEJORA CONTINUA																																																					
DISCIPLINA (SHITSUKE)																																																						
11 Revisión semanal de ejecución de actividades por el personal de soporte NO REQUIERE PARO	Asistente Tecnico Supervisor Ing. Mejora Continua		<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Semanal</th> <th>5 min</th> </tr> <tr> <td></td> <td>TCI/JM</td> <td>FR/EC</td> <td>JN</td> </tr> <tr><td>1ER SEMANA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2DA SEMANA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3RA SEMANA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4TA SEMANA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="4">Nota: La actividad será realizada el día viernes.</td> </tr> </table>	Semanal			5 min		TCI/JM	FR/EC	JN	1ER SEMANA				2DA SEMANA				3RA SEMANA				4TA SEMANA				Nota: La actividad será realizada el día viernes.																										
Semanal			5 min																																																			
	TCI/JM	FR/EC	JN																																																			
1ER SEMANA																																																						
2DA SEMANA																																																						
3RA SEMANA																																																						
4TA SEMANA																																																						
Nota: La actividad será realizada el día viernes.																																																						
12 Apagar todos los aparatos eléctricos que se encuentran en el área (Ventiladores, monitores, etc.) REQUIERE PARO			<table border="1"> <tr> <th colspan="7">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th>2 min</th> </tr> <tr> <td colspan="8">Observaciones:</td> </tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO							2 min	Observaciones:								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
DIARIO FIN DE CADA TURNO							2 min																																															
Observaciones:																																																						
1	2	3	4	5	6	7																																																
8	9	10	11	12	13	14																																																
15	16	17	18	19	20	21																																																
22	23	24	25	26	27	28																																																
29	30	31																																																				
13 Verificar que no existan fugas de aire. NO REQUIERE PARO	 INFORMAR AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN CASO DE EXISTIR FUGAS DE AIRE.		<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Quincenal</th> <th>2 min</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Fuga</td> <td>Reporte</td> <td></td> </tr> <tr><td>1ER QUINCENA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2DA QUINCENA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="4">Nota: La actividad será realizada el día viernes.</td> </tr> </table>	Quincenal			2 min		Fuga	Reporte		1ER QUINCENA				2DA QUINCENA				Nota: La actividad será realizada el día viernes.																																		
Quincenal			2 min																																																			
	Fuga	Reporte																																																				
1ER QUINCENA																																																						
2DA QUINCENA																																																						
Nota: La actividad será realizada el día viernes.																																																						
14 Cerrar la(s) válvula(s) de la máquina. REQUIERE PARO			<table border="1"> <tr> <th colspan="7">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th>2 min</th> </tr> <tr> <td colspan="8">Observaciones:</td> </tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO							2 min	Observaciones:								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
DIARIO FIN DE CADA TURNO							2 min																																															
Observaciones:																																																						
1	2	3	4	5	6	7																																																
8	9	10	11	12	13	14																																																
15	16	17	18	19	20	21																																																
22	23	24	25	26	27	28																																																
29	30	31																																																				
15 Apagar las luces del área de trabajo REQUIERE PARO			<table border="1"> <tr> <th colspan="7">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th>1 min</th> </tr> <tr> <td colspan="8">Observaciones:</td> </tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO							1 min	Observaciones:								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
DIARIO FIN DE CADA TURNO							1 min																																															
Observaciones:																																																						
1	2	3	4	5	6	7																																																
8	9	10	11	12	13	14																																																
15	16	17	18	19	20	21																																																
22	23	24	25	26	27	28																																																
29	30	31																																																				

Nivel de revisión	7	Escrito por	Mejora Continua	Instrucción de aplicación 5'S		1 de 2																																			
Fecha de revisión	24/01/2025	Aprobado por	Responsable del Área: _____ Ing. Mejora Continua: _____	FRECUENCIA	DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL																																				
TURNO: ☒ Mañana ☐ Tarde ☐ Noche		OBSERVACIONES: SI DURANTE LA EJECUCION DE LAS 5'S SE ENCUENTRA ALGUN PUNTO FUERA DE ESTANDAR AVISAR A SUPERVISOR DE PRODUCCION E INGENIERO DE MEJORA CONTINUA																																							
SELECCIÓN (SEIRI)																																									
1 Identificar materiales, herramientas o equipos que no correspondan al área o estén fuera de uso con tarjeta de identificación "SEIRI" y colocarlos en espacio de material seleccionado. NO REQUIERE PARO				Mensual 10 min																																					
				<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
1	2	3	4	5	6	7																																			
8	9	10	11	12	13	14																																			
15	16	17	18	19	20	21																																			
22	23	24	25	26	27	28																																			
29	30	31																																							
				Nota: La actividad será realizada el último viernes del mes.																																					
ORDEN (SEITON)																																									
2 Ordenar los cajones del estante de bolsa y cajas con bolsa en el área de empaque. NO REQUIERE PARO				DIARIO FIN DE CADA TURNO 3 min																																					
				<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
1	2	3	4	5	6	7																																			
8	9	10	11	12	13	14																																			
15	16	17	18	19	20	21																																			
22	23	24	25	26	27	28																																			
29	30	31																																							
3 Ordenar documentación del proceso y tarimas con producto terminado y cajas en el área de material en proceso. NO REQUIERE PARO				DIARIO FIN DE CADA TURNO 2 min																																					
				<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
1	2	3	4	5	6	7																																			
8	9	10	11	12	13	14																																			
15	16	17	18	19	20	21																																			
22	23	24	25	26	27	28																																			
29	30	31																																							
4 Ordenar guarda y tina de aceite, verificar que no se encuentre fuera de lugar. NO REQUIERE PARO				DIARIO FIN DE CADA TURNO 1 min																																					
				<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td colspan="4"></td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
1	2	3	4	5	6	7																																			
8	9	10	11	12	13	14																																			
15	16	17	18	19	20	21																																			
22	23	24	25	26	27	28																																			
29	30	31																																							

LIMPIEZA (SEISO)																
5 Limpiar espacio de rack de Entrada de material y salida de material, así como pasillo de lavadora, mesa y estante para bolsa y papel VCI. (Aceite, papeles, scrap). NO REQUIERE PARO				DIARIO FIN DE CADA TURNO				2 min								
				1	2	3	4	5	6	7						
				8	9	10	11	12	13	14						
				15	16	17	18	19	20	21						
				22	23	24	25	26	27	28						
29	30	31														
6 Limpiar y verificar que no existan derrames de aceite en el piso, banda transportadora y charolas. NO REQUIERE PARO				DIARIO FIN DE CADA TURNO				2 min								
				1	2	3	4	5	6	7						
				8	9	10	11	12	13	14						
				15	16	17	18	19	20	21						
				22	23	24	25	26	27	28						
29	30	31														
APLICACIÓN DE 5'S Máquina: Lavadora Bühler 2																
Nivel de revisión 6	Escrito por 	Mejora Continua 	Instrucción de aplicación 5'S DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL				2 de 2									
Fecha de revisión 08/01/2020	Responsable del Área: _____ Ing. Mejora Continua: _____		FRECUENCIA	DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL												
TURNO:		OBSERVACIONES: SI DURANTE LA EJECUCION DE LAS 5'S SE ENCUENTRA ALGUN PUNTO FUERA DE ESTANDAR AVISAR A SUPERVISOR DE PRODUCCION E INGENIERO DE MEJORA CONTINUA														
7 Limpiar base de soporte de caja de bloques de naylamit, mesa para bolsa y carro para colocación de cajas salida de banda transportadora.. NO REQUIERE PARO									DIARIO FIN DE CADA TURNO				5 min			
									1	2	3	4	5	6	7	
									8	9	10	11	12	13	14	
				15	16	17	18	19	20	21						
22	23	24	25	26	27	28										
29	30	31														
8 Limpiar armazón y banda transportadora a salida de lavadoras y paneles de control de banda. REQUIERE PARO				Semanal				10 min								
				1ER SEMANA				1 T								
				2DA SEMANA				1 T								
				3RA SEMANA				1 T								
				4TA SEMANA				1 T								
				Nota: La actividad será realizada el día Martes.												

9 Limpiar suciedad acumulada de bancos, guardas de máquinas frente y trasera, cubrepolvos, vidrios de guardas, panel de máquina, y tablero de control. NO REQUIERE PARO		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Semanal</th> <th>20 min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1ER SEMANA</td><td>1 T</td><td></td></tr> <tr><td>2DA SEMANA</td><td>1 T</td><td></td></tr> <tr><td>3RA SEMANA</td><td>1 T</td><td></td></tr> <tr><td>4TA SEMANA</td><td>1 T</td><td></td></tr> </tbody> </table> Nota: La actividad será realizada el día Jueves.	Semanal		20 min	1ER SEMANA	1 T		2DA SEMANA	1 T		3RA SEMANA	1 T		4TA SEMANA	1 T																																											
Semanal		20 min																																																									
1ER SEMANA	1 T																																																										
2DA SEMANA	1 T																																																										
3RA SEMANA	1 T																																																										
4TA SEMANA	1 T																																																										
10 Limpiar guarda de protección de aceitador, elevador de tina y tina de aceitado. NO REQUIERE PARO		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Semanal</th> <th>5 min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1ER SEMANA</td><td>1 T</td><td></td></tr> <tr><td>2DA SEMANA</td><td>1 T</td><td></td></tr> <tr><td>3RA SEMANA</td><td>1 T</td><td></td></tr> <tr><td>4TA SEMANA</td><td>1 T</td><td></td></tr> </tbody> </table> Nota: La actividad será realizada el día Viernes.	Semanal		5 min	1ER SEMANA	1 T		2DA SEMANA	1 T		3RA SEMANA	1 T		4TA SEMANA	1 T																																											
Semanal		5 min																																																									
1ER SEMANA	1 T																																																										
2DA SEMANA	1 T																																																										
3RA SEMANA	1 T																																																										
4TA SEMANA	1 T																																																										
 APLICACIÓN DE 5'S Máquina: Lavadora Bühler 2  <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Nivel de revisión</td> <td>6</td> <td>Escrito por</td> <td>Mejora Continua</td> <td>Instrucción de aplicación 5'S</td> <td>2 de 2</td> </tr> <tr> <td>Fecha de revisión</td> <td>08/01/2020</td> <td colspan="2"> Responsable del Área: _____ Ing. Mejora Continua: _____ </td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL </td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">  </td> <td colspan="2"> OBSERVACIONES: SI DURANTE LA EJECUCION DE LAS 5'S SE ENCUENTRA ALGUN PUNTO FUERA DE ESTANDAR AVISAR A SUPERVISOR DE PRODUCCION E INGENIERO DE MEJORA CONTINUA </td> </tr> </table>			Nivel de revisión	6	Escrito por	Mejora Continua	Instrucción de aplicación 5'S	2 de 2	Fecha de revisión	08/01/2020	Responsable del Área: _____ Ing. Mejora Continua: _____		DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL				OBSERVACIONES: SI DURANTE LA EJECUCION DE LAS 5'S SE ENCUENTRA ALGUN PUNTO FUERA DE ESTANDAR AVISAR A SUPERVISOR DE PRODUCCION E INGENIERO DE MEJORA CONTINUA																																										
Nivel de revisión	6	Escrito por	Mejora Continua	Instrucción de aplicación 5'S	2 de 2																																																						
Fecha de revisión	08/01/2020	Responsable del Área: _____ Ing. Mejora Continua: _____		DIARIO SEMANAL QUINCENAL MENSUAL																																																							
		OBSERVACIONES: SI DURANTE LA EJECUCION DE LAS 5'S SE ENCUENTRA ALGUN PUNTO FUERA DE ESTANDAR AVISAR A SUPERVISOR DE PRODUCCION E INGENIERO DE MEJORA CONTINUA																																																									
ESTANDARIZACION (SEIKETSU)																																																											
11 Estandarizar letreros, etiquetas y esquadras de toda la operación. NO REQUIERE PARO		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">CADA MES</th> <th>5 min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	CADA MES							5 min	1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14		15	16	17	18	19	20	21		22	23	24	25	26	27	28		29	30	31														
CADA MES							5 min																																																				
1	2	3	4	5	6	7																																																					
8	9	10	11	12	13	14																																																					
15	16	17	18	19	20	21																																																					
22	23	24	25	26	27	28																																																					
29	30	31																																																									
DISCIPLINA (SHITSUKE)																																																											
12 Revisión semanal de ejecución de actividades por por el personal de soporte NO REQUIERE PARO	Auxiliar Técnico Supervisor Ing. Mejora Continua		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Semanal</th> <th>5 min</th> </tr> <tr> <th></th> <th>EM/FR</th> <th>JM/T C</th> <th>JN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1ER SEMANA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2DA SEMANA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3RA SEMANA</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4TA SEMANA</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> Nota: La actividad será realizada el día lunes.	Semanal			5 min		EM/FR	JM/T C	JN	1ER SEMANA				2DA SEMANA				3RA SEMANA				4TA SEMANA																																			
Semanal			5 min																																																								
	EM/FR	JM/T C	JN																																																								
1ER SEMANA																																																											
2DA SEMANA																																																											
3RA SEMANA																																																											
4TA SEMANA																																																											
13 Apagar todos los aparatos eléctricos que se encuentran en el área (Ventiladores, monitores, etc.) REQUIERE PARO			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th>2 min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="7">Observaciones:</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO							2 min	Observaciones:								1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14		15	16	17	18	19	20	21		22	23	24	25	26	27	28		29	30	31					
DIARIO FIN DE CADA TURNO							2 min																																																				
Observaciones:																																																											
1	2	3	4	5	6	7																																																					
8	9	10	11	12	13	14																																																					
15	16	17	18	19	20	21																																																					
22	23	24	25	26	27	28																																																					
29	30	31																																																									
14 Verificar que no existan fugas de aire. NO REQUIERE PARO	 INFORMAR AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN CASO DE EXISTIR FUGAS DE AIRE.		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Quincenal</th> <th>2 min</th> </tr> <tr> <th>Fuga</th> <th>Reporte</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1ER QUINCENA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2DA QUINCENA</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> Nota: La actividad será realizada el día viernes.	Quincenal		2 min	Fuga	Reporte		1ER QUINCENA			2DA QUINCENA																																														
Quincenal		2 min																																																									
Fuga	Reporte																																																										
1ER QUINCENA																																																											
2DA QUINCENA																																																											
15 Cerrar la(s) válvula(s) de la máquina. REQUIERE PARO			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th>2 min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="7">Observaciones:</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO							2 min	Observaciones:								1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14		15	16	17	18	19	20	21		22	23	24	25	26	27	28		29	30	31					
DIARIO FIN DE CADA TURNO							2 min																																																				
Observaciones:																																																											
1	2	3	4	5	6	7																																																					
8	9	10	11	12	13	14																																																					
15	16	17	18	19	20	21																																																					
22	23	24	25	26	27	28																																																					
29	30	31																																																									
16 Apagar las luces del área de trabajo REQUIERE PARO			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">DIARIO FIN DE CADA TURNO</th> <th>1 min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="7">Observaciones:</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	DIARIO FIN DE CADA TURNO							1 min	Observaciones:								1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14		15	16	17	18	19	20	21		22	23	24	25	26	27	28		29	30	31					
DIARIO FIN DE CADA TURNO							1 min																																																				
Observaciones:																																																											
1	2	3	4	5	6	7																																																					
8	9	10	11	12	13	14																																																					
15	16	17	18	19	20	21																																																					
22	23	24	25	26	27	28																																																					
29	30	31																																																									

Anexo 8. Presentación del proyecto



Expansión horizontal de TPM en nuevas máquinas de formado y preformado desde el Pilar de Mejora Enfocada desarrollando los pasos 5, 6 y 7.

Maria Dolores Gonzalez Zavala
23 Enero 2025

Celaya, Guanajuato

RH Internal

TAKING RESPONSIBILITY IN A CHANGING WORLD

RHEINMETALL

Rheinmetall | PRESENTATION MASTER

RHEINMETALL

Contenido

- 1 **Antecedentes**
- 2 **Diagrama de Gantt**
- 3 **Resultados**
- 4 **Conclusiones**
- 5 **Actividades complementarias**

2 © Rheinmetall AG | RH Internal 28/02/25

Antecedentes

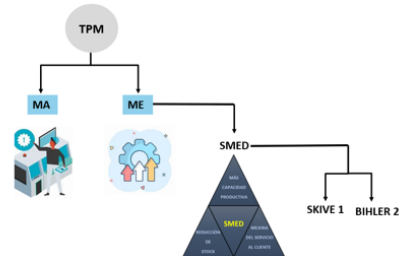
Objetivo General

Desarrollar actividades de la metodología TPM desde el Pilar de Mejora Enfocada en las nuevas máquinas TPM derivadas de la expansión horizontal.

Objetivos específicos

- Desarrollar la ruta completa del SMED para Skive 1 reduciendo un 38% el tiempo de cambio de modelo.
- Desarrollar la ruta completa del SMED para Bihler 2 reduciendo un 33% el tiempo de cambio de modelo.
- Brindar soporte y participar en las actividades de los demás pilares de TPM.

Metodología y apoyo



Ahorros estimados

Bihler 2

Tiempo de paro no planeado por cambio de modelo mensual* 15 hrs.

Horas promedio de ahorro mensuales de Set Up	5
Ahorro Semestral \$	17,438.10

Skive 1

Tiempo de paro no planeado por cambio de modelo mensual* 26.03 hrs.

Horas promedio de ahorro mensuales de Set Up	10
Ahorro Semestral \$	38,984.40

Ahorro total semestral = \$56,422.5

*Información obtenida de la plataforma operativa del 01 de enero 2023 al 31 de diciembre 2023.

Diagrama de Gantt

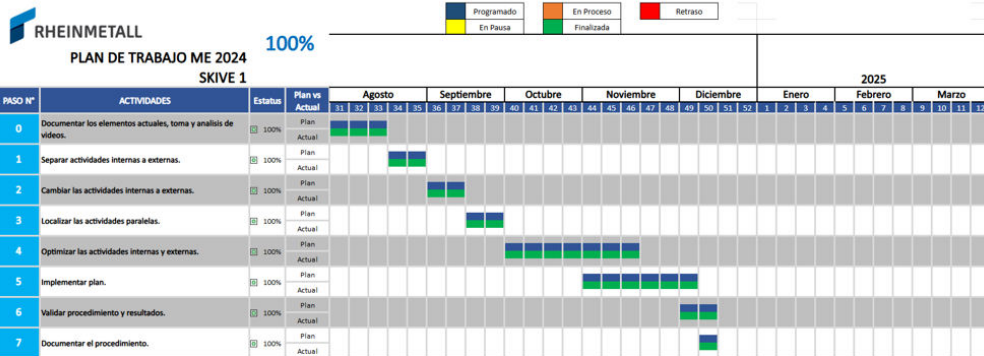
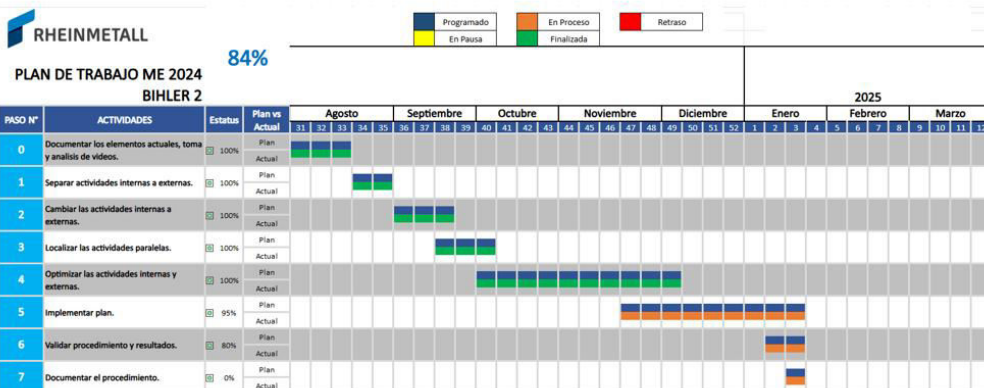
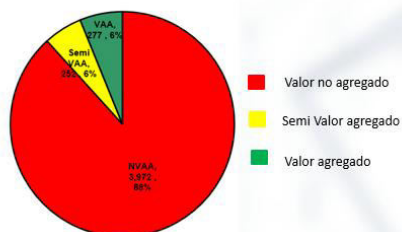


Diagrama de Gantt



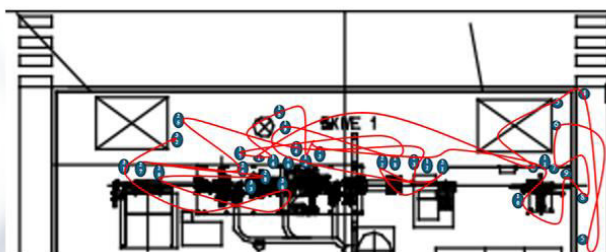
Resultados Skive 1

Paso 0. Documentación de elementos actuales



Valor	No. de Actividades	Tiempo (Segundos)
Valor no agregado	200	277
Semi valor agregado	14	252
Valor agregado	14	3972
Total	228	4501

Diagrama de Spaghetti



Resultados Skive 1

Paso 1. Separar actividades internas y externas

RHEINMETALL		ANWELT	
№	ACTIVIDADES	1996	1997
1	Salas de producción	1.120	1.120
2	Administración	10.000	10.000
3	Procesos técnicos	10.000	10.000
4	Grupos de trabajo en el banco	25.000	25.000
5	Trabajo en el banco	10.000	10.000
6	Administración de personal	9.000	9.000
7	Trabajo en el banco	10.000	10.000
8	Grupos de trabajo	1.500	1.500
9	Trabajo en el banco	1.000	1.000
10	Trabajo en el banco	1.000	1.000
11	Salas de producción	10.000	10.000
12	Administración	10.000	10.000
13	Procesos técnicos	10.000	10.000
14	Grupos de trabajo en el banco	25.000	25.000
15	Trabajo en el banco	10.000	10.000
16	Administración de personal	9.000	9.000
17	Trabajo en el banco	10.000	10.000
18	Grupos de trabajo	1.500	1.500
19	Trabajo en el banco	1.000	1.000
20	Trabajo en el banco	1.000	1.000
21	Salas de producción	10.000	10.000
22	Administración	10.000	10.000
23	Procesos técnicos	10.000	10.000
24	Grupos de trabajo en el banco	25.000	25.000
25	Trabajo en el banco	10.000	10.000
26	Administración de personal	9.000	9.000
27	Trabajo en el banco	10.000	10.000
28	Grupos de trabajo	1.500	1.500
29	Trabajo en el banco	1.000	1.000
30	Trabajo en el banco	1.000	1.000
31	Salas de producción	10.000	10.000
32	Administración	10.000	10.000
33	Procesos técnicos	10.000	10.000
34	Grupos de trabajo en el banco	25.000	25.000
35	Trabajo en el banco	10.000	10.000
36	Administración de personal	9.000	9.000
37	Trabajo en el banco	10.000	10.000
38	Grupos de trabajo	1.500	1.500
39	Trabajo en el banco	1.000	1.000
40	Trabajo en el banco	1.000	1.000
41	Salas de producción	10.000	10.000
42	Administración	10.000	10.000
43	Procesos técnicos	10.000	10.000
44	Grupos de trabajo en el banco	25.000	25.000
45	Trabajo en el banco	10.000	10.000
46	Administración de personal	9.000	9.000
47	Trabajo en el banco	10.000	10.000
48	Grupos de trabajo	1.500	1.500
49	Trabajo en el banco	1.000	1.000
50	Trabajo en el banco	1.000	1.000

[illegible]

	1990	1991
1. Llamada al deber	2,47	2,47
2. Justicia	3,33	3,33
3. Deber hacia otros	5,30	5,30
4. Deber hacia uno mismo	5,30	5,30
5. Deber hacia la familia	6,17	6,17
6. Deber hacia la sociedad	6,17	6,17
7. Responsabilidad	5,30	5,30
8. Responsabilidad	5,30	5,30
9. Responsabilidad	5,30	5,30
10. Responsabilidad	5,30	5,30
11. Responsabilidad	5,30	5,30
12. Responsabilidad	5,30	5,30
13. Responsabilidad	5,30	5,30
14. Responsabilidad	5,30	5,30
15. Responsabilidad	5,30	5,30
16. Responsabilidad	5,30	5,30
17. Responsabilidad	5,30	5,30
18. Responsabilidad	5,30	5,30
19. Responsabilidad	5,30	5,30
20. Responsabilidad	5,30	5,30
21. Responsabilidad	5,30	5,30
22. Responsabilidad	5,30	5,30
23. Responsabilidad	5,30	5,30
24. Responsabilidad	5,30	5,30
25. Responsabilidad	5,30	5,30
26. Responsabilidad	5,30	5,30
27. Responsabilidad	5,30	5,30
28. Responsabilidad	5,30	5,30
29. Responsabilidad	5,30	5,30
30. Responsabilidad	5,30	5,30
31. Responsabilidad	5,30	5,30
32. Responsabilidad	5,30	5,30
33. Responsabilidad	5,30	5,30
34. Responsabilidad	5,30	5,30
35. Responsabilidad	5,30	5,30
36. Responsabilidad	5,30	5,30
37. Responsabilidad	5,30	5,30
38. Responsabilidad	5,30	5,30
39. Responsabilidad	5,30	5,30
40. Responsabilidad	5,30	5,30
41. Responsabilidad	5,30	5,30
42. Responsabilidad	5,30	5,30
43. Responsabilidad	5,30	5,30
44. Responsabilidad	5,30	5,30
45. Responsabilidad	5,30	5,30
46. Responsabilidad	5,30	5,30
47. Responsabilidad	5,30	5,30
48. Responsabilidad	5,30	5,30
49. Responsabilidad	5,30	5,30
50. Responsabilidad	5,30	5,30

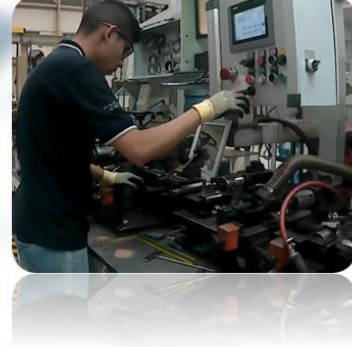


Actividades	Cantidad
Internas	71
Externas	157
Total	228

Resultados Skive 1

Paso 2. Cambiar actividades internas a externas

Paso 3. Localizar actividades paralelas



11 © Rheinmetall AG | RH Internal 28/02/25

Resultados Skive 1

Paso 4. Optimizar las actividades internas y externas



12 © Rheinmetall AG | RH Internal 28/02/25

Resultados Skive 1

Paso 5. Implementar plan

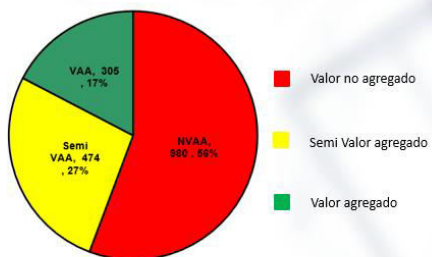
Acondicionamiento de area



13 © Rheinmetall AG | RH Internal 28/02/25

Resultados Skive 1

Paso 6. Validar procedimiento y resultados



Valor	No. de Actividades	Tiempo (Segundos)
Valor no agregado	157	158
Semi valor agregado	88	980
Valor agregado	43	474
Total	157	1759



14 © Rheinmetall AG | RH Internal 28/02/25

Resultados Skive 1

Paso 6. Validar procedimiento y resultados

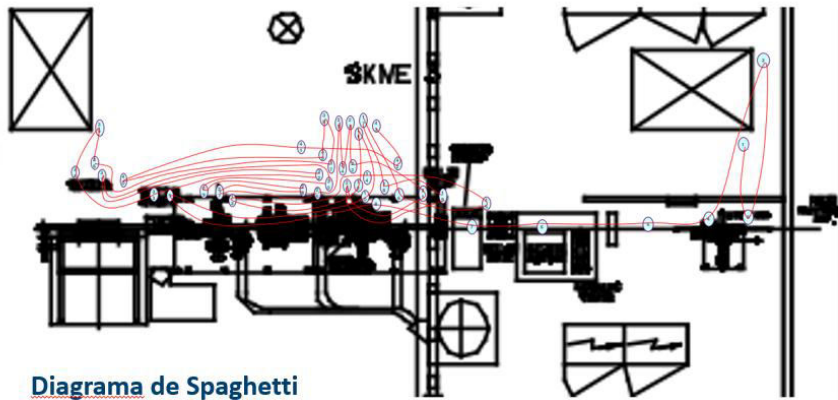


Diagrama de Spaghetti

Resultados Skive 1

Paso 7. Documentar el procedimiento

Número de sub-operación (Dist.)		Identificar porta insertos	Símbolos:
		Descripción de la operación (Dist.)	
HERRAMENTAL A USAR EN PROCESO			
1	Identificación	Identificar	Identificar
2	Identificación	Identificar	Identificar
3	Identificación	Identificar	Identificar
4	Identificación	Identificar	Identificar
5	Identificación	Identificar	Identificar
6	Identificación	Identificar	Identificar
7	Identificación	Identificar	Identificar
8	Identificación	Identificar	Identificar
9	Identificación	Identificar	Identificar
10	Identificación	Identificar	Identificar

Con ayuda de la "Hoja de proceso" en el apartado Herramental a usar en el proceso, visualizar la especificación de la descripción del porta inserto.

Seleccionar el porta inserto a usar de acuerdo a la especificación de la hoja, ubicados en el 4º cajón.

Porta insertos

Sub-operación: 1.1

Número de sub-operación (Dist.)		Identificar porta insertos	Símbolos:
		Descripción de la operación (Dist.)	
HERRAMENTAL A USAR EN PROCESO			
1	Identificación	Identificar	Identificar
2	Identificación	Identificar	Identificar
3	Identificación	Identificar	Identificar
4	Identificación	Identificar	Identificar
5	Identificación	Identificar	Identificar
6	Identificación	Identificar	Identificar
7	Identificación	Identificar	Identificar
8	Identificación	Identificar	Identificar
9	Identificación	Identificar	Identificar
10	Identificación	Identificar	Identificar

Tomar del segundo cajón, las herramientas necesarias para hacer el ajuste.

Llaves allen
Llave de torlo
Martillo

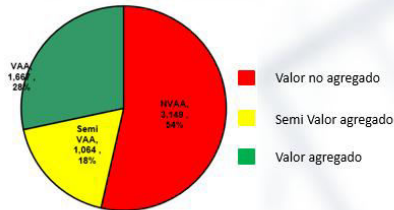
Colocar las herramientas en la mesa

Mesa skive 2

IT-IN-319- Ajuste de rodillos bipartidos	
Sub-Op 1	Colocación de separadores en mesa de trabajo
Sub-Op 12	Etiquetado de herramientas en cajón de instrumentos de medición
IT-IN-311-Desmontar rodillos de bipartidos	
Sub-Op 1	Segundo cajón con herramientas ordenadas y etiquetadas
Sub-Op 2	Acomodo de martillo en cajón
Sub-Op 8	Colocación de separadores en mesa de trabajo
Sub-Op 11	Etiquetado de cajas de herramental
IT-IN-322-Ajuste de portainsertos	
Sub-Op 1	Etiquetado y acomodo de portainsertos en cajón
Sub-Op 2	Ayuda visual en portainsertos
IT-IN-321-Ajuste de guías	
Sub-Op 2	Tercer cajón con herramientas ordenadas y etiquetadas

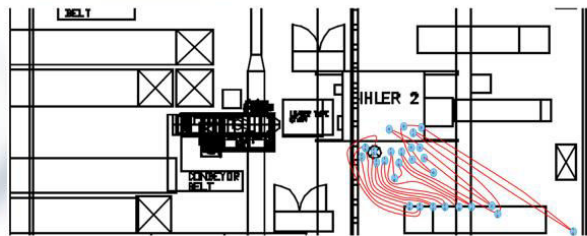
Resultados Bhiler 2

Paso 0. Documentación de elementos actuales



Valor	No. de Actividades	Tiempo (Segundos)
Valor no agregado	116	1063
Semi valor agregado	74	1064
Valor agregado	224	3149
Total	414	5880

Diagrama de Spaghetti



Resultados Bhiler 2

Paso 1. Separar actividades internas y externas

No.	ACTIVIDADES ANTES	TIEMPO	ES
1	Toma trallaz de papel	1	+
2	Coloca papel sobre carrito	1	+
3	Toma carrito de herramientas	1	+
4	Asesora a carrito de herramientas a tablero de control	1	+
5	Toma mandril del carrito de herramientas	1	+
6	Cambia hacia mesa de trabajo	1	+
7	Regresa a carrito de herramientas	1	+
8	Regresa a mesa de trabajo	1	+
9	Regresa a carrito de herramientas	1	+
10	Toma mandril del carrito de herramientas	1	+
11	Regresa a mesa de trabajo	1	+
12	Toma varilla de mandril	1	+
13	Asesora mandril con varilla	1	+
14	Regresa a carrito	1	+
15	Deja varilla de mandril en carrito	1	+
16	Cambia hacia máquina	1	+
17	Toma varilla de desmonte	1	+
18	Desmonta varilla de desmonte	1	+
19	Coloca varilla de desmonte en máquina	1	+
20	Cambia hacia mesa de trabajo	1	+
21	Toma de control	1	+
22	Regresa a máquina	1	+
23	Deja trallaz de papel de mano	1	+
24	Desmonta varilla de mano	1	+
25	Deja varilla de mano en máquina	1	+
26	Regresa a carrito	1	+
27	Almacena carrito	1	+
28	Toma papel del carrito	1	+
29	Se limpia las manos	1	+
30	Regresa a máquina	1	+
31	Toma varilla de mano	1	+
32	Coloca varilla en máquina	1	+
33	Deja varilla en máquina	1	+
34	Cambia hacia mesa de trabajo	1	+
35	Toma papel	1	+
36	Regresa a máquina	1	+
37	Se limpia las manos	1	+
38	Deja papel en la máquina	1	+
39	Toma pieza de máquina	1	+
40	Toma cables de máquina	1	+
41	Regresa a tablero de control	1	+
42	Introduce parámetros	1	+
43	Activa fondo	1	+
44	Mueve mandriles de fondo	1	+
45	Retira el material	1	+
46	Coloca el material sobrante	1	+
47	Cambia hacia controlador de sopap	1	+
48	Desmonta el material sobrante	1	+
49	Cambia hacia a tablero de papel	1	+
50	Toma trallaz de papel	1	+
51	Se limpia las manos	1	+
52	Regresa a máquina	1	+
53	Toma de controlador	1	+
54	Quita cables de fondo	1	+
55	Retira fondo	1	+
56	Coloca fondo en base de máquina	1	+
57	Toma papel	1	+
58	Se limpia las manos	1	+
59	Toma las piezas	1	+
60	Coloca piezas en máquina	1	+
61	Toma manguera de subido	1	+
62	Mueve de lugar la manguera de lubricación	1	+
63	Toma descontrolador	1	+
64	Descontrola platos	1	+
65	Deja descontrolador	1	+
66	Cambia hacia mesa de trabajo	1	+
67	Toma Base Allen	1	+
68	Regresa a máquina	1	+
69	Retira tornillos de mandril	1	+
70	Retira cables de conexiones	1	+
71	Prueba el cable de alimentación y control de	1	+
72	Quita mangueras de control	1	+
73	Pone en carrito de herramientas tornillos de mandril	1	+
74	Quita Base Allen en máquina	1	+
75	Almacena cables	1	+
76	Toma Base Allen	1	+
77	Descontrola tornillos	1	+
78	Toma Base Allen	1	+
79	Descontrola tornillos de fondo	1	+
80	Retira fondo	1	+
81	Descontrola tornillos de fondo	1	+
82	Introduce parámetros de fondo	1	+
83	Descontrola tornillos de fondo	1	+
84	Descontrola tornillos de fondo	1	+
85	Descontrola tornillos de fondo	1	+
86	Descontrola tornillos de fondo	1	+
87	Descontrola tornillos de fondo	1	+
88	Descontrola tornillos de fondo	1	+
89	Descontrola tornillos de fondo	1	+
90	Descontrola tornillos de fondo	1	+
91	Descontrola tornillos de fondo	1	+
92	Descontrola tornillos de fondo	1	+
93	Descontrola tornillos de fondo	1	+
94	Descontrola tornillos de fondo	1	+
95	Descontrola tornillos de fondo	1	+
96	Descontrola tornillos de fondo	1	+
97	Descontrola tornillos de fondo	1	+
98	Descontrola tornillos de fondo	1	+
99	Descontrola tornillos de fondo	1	+
100	Descontrola tornillos de fondo	1	+

Resultados Bihler 2

Paso 2. Cambiar actividades internas a externas

No	ACTIVIDADES ANTES	TIEMPO # Error	EA	IA
1	Tomo toallas de papel	x	x	
2	Coloca papel sobre carrito	x	x	
3	Toma carrito de herramientas	x	x	
4	Acerca carrito de herramientas a tablero de control	x	x	
5	Toma mandil del carrito de herramientas	x	x	
6	Caminió hacia mesa de trabajo	x	x	
7	Regresa a carrito de herramienta	x	x	
8	Deja mandil sobre carrito	x	x	
9	Regresa a mesa de trabajo	x	x	
10	Regresa a carrito de herramientas	x	x	
11	Regresa a mesa de trabajo	x	x	
12	Toma varilla de mandril	x	x	
13	Alma mandril con varilla	x	x	
14	Regresa a carrito	x	x	
15	Quita varilla de mandril en carrito	x	x	
16	Camina hacia máquina	x	x	
17	Toma tubo de descarte	x	x	
18	Desmonta tubo de descarte	x	x	
19	Coloca tubo de descarte en máquina	x	x	
20	Camina hacia mesa de trabajo	x	x	
21	Toma desatornillador	x	x	
22	Regresa a máquina	x	x	
23	Quita tornillos de holder de matriz	x	x	
24	Desmonta holder de matriz	x	x	
25	Deja holder de matriz en máquina	x	x	
26	Regresa a carrito	x	x	
27	Acomoda carrito	x	x	
28	Toma papel del carrito	x	x	
29	Se limpia las manos	x	x	
30	Regresa a máquina	x	x	
31	Toma holder de matriz	x	x	

No	ACTIVIDADES	DESPUES	TIEMPO # Error	EA	IA
1	Toma hoja de set up		x	x	
2	Camina a máquina		x	x	
3	Coloca hoja de set en máquina		x	x	
4	Acomoda carro de herramientas		x	x	
5	Baja palancas de feeder		x	x	
6	Quita mangueras		x	x	
7	Desmonta tolvá		x	x	
8	Coloca tolvá en su lugar		x	x	
9	Toma desatornillador		x	x	
10	Quita tornillos de Holder de Matriz		x	x	
11	Desmonta holder de matriz		x	x	
12	Coloca a holder de matriz en máquina		x	x	
13	Quita pisadores		x	x	
14	Quita matriz		x	x	
15	Coloca matriz en parte lateral de máquina		x	x	
16	Activa Feeder		x	x	
17	Toma desatornillador		x	x	
18	Desatornilla preformas		x	x	
19	Quita preformas		x	x	
20	Coloca preformas en carro		x	x	
21	Coloca portapreformas		x	x	
22	Quita cables		x	x	
23	Coloca cables en carro		x	x	

Paso 3. Localizar actividades paralelas

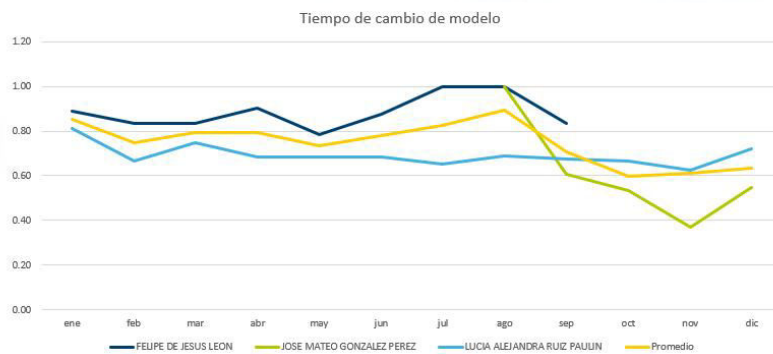
Bihler 2	
ACTIVIDADES OPERADOR	ACTIVIDADES LIBER
1 Toma hoja de set up	1 Toma desatornillador
2 Camina a máquina	2 Quita tornillos de Holder de Matriz
3 Coloca hoja de set en máquina	3 Desmonta holder de matriz
4 Acomoda carro de herramientas	4 Coloca holder de matriz en máquina
5 Baja palancas de feeder	5 Quita pisadores
6 Quita mangueras	6 Quita matriz
7 Desmonta tolvá	7 Coloca matriz en parte lateral de máquina
8 Coloca tolvá en su lugar	8 Activa Feeder
9 Toma desatornillador	9 Toma desatornillador
10 Quita soporte de dado	10 Desatornilla preformas
11 Quita preformas	11 Quita preformas en carro
12 Coloca preformas en carro	12 Coloca portapreformas
13 Toma desatornillador en piso	13 Quita cables
14 Con llave Allen desatornilla postes	14 Coloca cables en carro
15 Coloca postes en parte lateral	15 Desmonta Dado
16 Quita Llave	16 Coloca Dado en carro
17 Coloca Llave en carro	17 Toma nuevo Dado de carro
18 Coloca postes en carro	18 Coloca dado en máquina
19 Retira material sobrante de Feeder	19 Retira Dado
20 Desecha material sobrante	20 Se limpia las manos
21 Se limpia las manos	21 Toma hoja de Set Up
22 Camina a panel de control	22 Retira Dado
23 Retira Dado	23 Quita parámetros
24 Quita parámetros	24 Quita dado en carro
25 Quita línea superior	25 Quita línea superior
26 Toma desatornillador	26 Coloca soporte de dado
27 Quita tornillos de tolvá	27 Toma llave Allen
28 Quita desatornillador	28 Alimilla soporte de dado
29 Retira parámetros	29 Coloca llave Allen en su lugar
30 Toma desatornillador	30 Toma desatornillador
31 Desatornilla llaves	31 Desatornilla llaves
32 Quita parámetros	32 Quita desatornillador
33 Toma llave Allen	33 Toma Maço
34 Desatornilla IAM	34 Quita portapreformas
35 Quita llave Allen en carro	35 Toma portapreformas
36 Toma dado	36 Coloca portapreformas nuevo
37 Activa Feeder	37 Alimilla portapreformas
38 Quita Feeder	38 Alimilla portapreformas
39 Toma palanca de dado	39 Toma desatornillador
40 Coloca palanca en dado	40 Toma llave Allen
41 Toma llave Allen	41 Desmonta Llave

Resultados Bihler 2

Paso 4. Optimizar las actividades internas y externas

No	ACTIVIDADES ANTES	TIEMPO # Error	EA	IA	IDEAS DE MEJORA
1	Tomo toallas de papel	x	x		
2	Coloca papel sobre carrito	x	x		
3	Toma carrito de herramientas	x	x		
4	Acerca carrito de herramientas a tablero de control	x	x		
5	Toma mandil del carrito de herramientas	x	x		
6	Caminió hacia mesa de trabajo	x	x		
7	Regresa a carrito de herramienta	x	x		
8	Deja mandil sobre carrito	x	x		
9	Camina hacia máquina	x	x		
10	Toma desatornillador	x	x		
11	Desmonta tolvá	x	x		
12	Coloca tolvá en su lugar	x	x		
13	Quita pisadores	x	x		
14	Quita matriz	x	x		
15	Coloca matriz en parte lateral de máquina	x	x		
16	Activa Feeder	x	x		
17	Toma desatornillador	x	x		
18	Desatornilla preformas	x	x		
19	Quita preformas	x	x		
20	Coloca preformas en carro	x	x		
21	Coloca portapreformas	x	x		
22	Quita cables	x	x		
23	Coloca cables en carro	x	x		
24	Retira material sobrante de Feeder	x	x		
25	Desecha material sobrante	x	x		
26	Se limpia las manos	x	x		
27	Camina a panel de control	x	x		
28	Retira Dado	x	x		
29	Quita parámetros	x	x		
30	Quita dado en carro	x	x		
31	Quita línea superior	x	x		
32	Coloca soporte de dado	x	x		
33	Toma llave Allen	x	x		
34	Alimilla soporte de dado	x	x		
35	Coloca llave Allen en su lugar	x	x		
36	Toma desatornillador	x	x		
37	Desatornilla llaves	x	x		
38	Quita desatornillador	x	x		
39	Toma Maço	x	x		
40	Quita portapreformas	x	x		
41	Toma portapreformas	x	x		
42	Coloca portapreformas nuevo	x	x		
43	Alimilla portapreformas	x	x		
44	Alimilla portapreformas	x	x		
45	Toma desatornillador	x	x		
46	Toma llave Allen	x	x		
47	Desmonta Llave	x	x		

Resultados Bihler 2

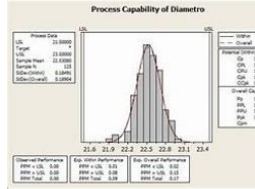


Conclusiones

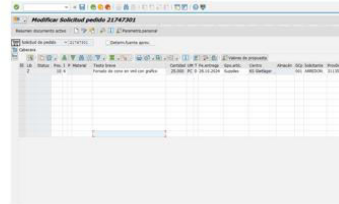
- Paso 5 del pilar de Mejora Enfocada al 90%.
- Paso 6 y 7 en Skive 1 terminados.
- Acondicionamientos de SMED pendientes en expandir a Skive 2 y 3.
- Bihler 2 en etapa de implementación de mejoras y pruebas.
- Avance en el pilar de Mejora enfocada al 90%.
- Dificultades de desarrollo en B2 por disponibilidad de la máquina y operadores.
- Tiempo dedicado a desarrollo de proyecto de 2 horas diarias debido a apoyo en el departamento de tráfico.

Actividades complementarias

Atención a proveedores



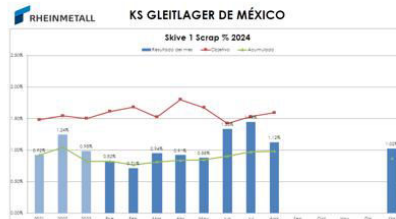
Estudio de habilidad



Elaboración de requisiciones

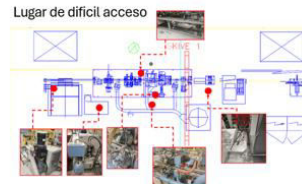
Actividades complementarias

Auditorías semanales 5's



Date	Auditor	Findings
...	...	...
...	...	...
...	...	...

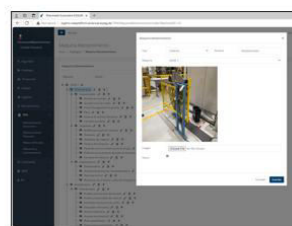
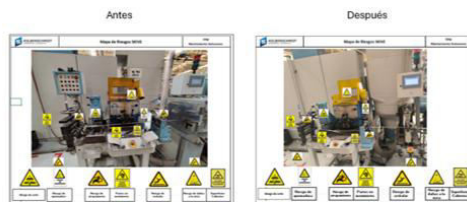
Actualización de indicadores



Layout de anomalías

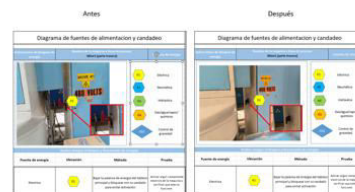
Actividades complementarias

AM Calendar



Mapa de riesgos

Diagrama de candado y etiquetado



Actividades complementarias

Registro y entrega de facturas

Revisión de expedientes de pedimentos

Registro en soporte documental

Solicitud de documentos faltantes