



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO *LEAN*
MANUFACTURING EN LA EMPRESA POLYTEC, S. A.**

Kyara Dulceamor Coronado García

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO *LEAN*
MANUFACTURING EN LA EMPRESA POLYTEC, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

KYARA DULCEAMOR CORONADO GARCÍA
ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Inga. Yocasta Ivanobla Ortíz del Cid
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA POLYTEC, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 20 de julio de 2021.

Kyara Dulceamor Coronado García

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 11 de noviembre de 2022.
REF.EPS.DOC.367.11.2022.

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de la estudiante universitaria de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Kyara Dulceamor Coronado García, Registro Académico No. 201700321** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA POLYTEC, S.A..**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



NISZdS/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 11 de noviembre de 2022.
REF.EPS.D.378.11.2021

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA POLYTEC, S.A.**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Kyara Dulceamor Coronado García** quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH /ra



REF.REV.EMI.063.022

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA POLYTEC, S.A.**, presentado por la estudiante universitaria **Kyara Dulceamor Coronado García**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2022.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LNG.DIRECTOR.040.EMI.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA POLYTEC, S. A.**, presentado por: **Kyara Dulceamor Coronado García**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



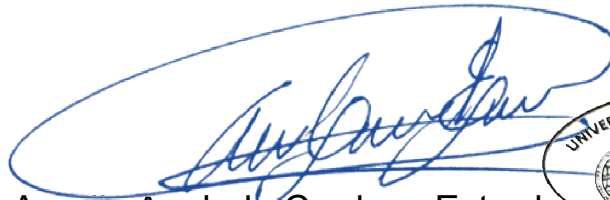
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2023.

LNG.DECANATO.OI.203.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **OPTIMIZACION DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA POLYTEC, S. A.**, presentado por: **Kyara Dulceamor Coronado García**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por brindarme la gracia de la vida, por ser el guía de mi camino, por jamás abandonarme en los momentos de tensión y por acompañarme en los momentos de alegría.

Mis padres

Alba Rosa García y Omar Coronado, por su amor, apoyo y esfuerzo que han servido como fuente de inspiración y ayuda para alcanzar este logro profesional.

Mis hermanas

Bella y Malena Coronado, por su cariño, apoyo y por enseñarme que la vida es más divertida al compartirla con hermanas como ustedes.

Mis abuelos

Josefa Jordán (q.e.p.d.), Maria Elena Aguilar y Francisco Coronado, por sus consejos, por ser ejemplo de vida y de superación. Por acompañarme siempre en los momentos importantes de mi vida.

Mi novio

Emidio Corado, por acompañarme desde el inicio de esta etapa, por su cariño, apoyo y consejos.

Mis tíos y tías

Por su cariño, consejos y apoyo durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me permitió iniciar mi formación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme educación y conocimiento por medio de sus formadores.
Mi asesora	Ing. Norma Sarmiento, por brindarme sus conocimientos y por acompañarme durante el proceso de elaboración del presente trabajo.
Polímeros y Tecnología, S. A.	Por permitirme realizar el presente trabajo dentro de sus instalaciones. Un agradecimiento especial a Ing. Mariana Hernández, por brindarme su apoyo, consejos y conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIX
GLOSARIO	XXI
RESUMEN	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. GENERALIDADES DE POLYTEC, S. A.....	1
1.1. Descripción.....	1
1.2. Visión.....	3
1.3. Misión	3
1.4. Valores	3
1.5. Estructura organizacional	4
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO <i>LEAN</i> <i>MANUFACTURING</i>	7
2.1. Diagnóstico de la situación actual	7
2.1.1. Diagrama de Ishikawa	8
2.2. Análisis del proceso de sello lateral.....	16
2.2.1. Proceso de cuadro por cambio de material para familia 1	21
2.2.1.1. Estudio de tiempos	22
2.2.1.2. Diagrama de operaciones.....	34
2.2.1.3. Diagrama de flujo.....	35

2.2.1.4.	Eficiencia del proceso	37
2.2.2.	Proceso de cuadro por cambio de material para familia 2.....	37
2.2.2.1.	Estudio de tiempos.....	38
2.2.2.2.	Diagrama de operaciones	39
2.2.2.3.	Diagrama de flujo	40
2.2.2.4.	Eficiencia del proceso	42
2.2.3.	Proceso de cambio de bobina.....	42
2.2.3.1.	Estudio de tiempos.....	43
2.2.3.2.	Diagrama de operaciones	45
2.2.3.3.	Diagrama de flujo	46
2.2.3.4.	Eficiencia del proceso	47
2.2.4.	Proceso de cambio de teflón para COR-89.....	47
2.2.4.1.	Estudio de tiempos.....	48
2.2.4.2.	Diagrama de operaciones	51
2.2.4.3.	Diagrama de flujo	54
2.2.4.4.	Eficiencia del proceso	57
2.2.5.	Proceso de cambio de teflón para COR-39, COR-45, COR-46 y COR-76	58
2.2.5.1.	Estudio de tiempos.....	58
2.2.5.2.	Diagrama de operaciones	60
2.2.5.3.	Diagrama de flujo	62
2.2.5.4.	Eficiencia del proceso	63
2.2.6.	Proceso de empaque para la familia 1	64
2.2.6.1.	Estudio de tiempos.....	64
2.2.6.2.	Diagrama de operaciones	68
2.2.6.3.	Diagrama de flujo	70
2.2.6.4.	Eficiencia del proceso	72
2.2.7.	Proceso de empaque para la familia 2	72

2.2.7.1.	Estudio de tiempos	73
2.2.7.2.	Diagrama de operaciones.....	75
2.2.7.3.	Diagrama de flujo.....	78
2.2.7.4.	Eficiencia del proceso	81
2.2.8.	Proceso de pesado, estibado y embalaje	82
2.2.8.1.	Estudio de tiempos	82
2.2.8.2.	Diagrama de operaciones.....	84
2.2.8.3.	Diagrama de flujo.....	86
2.2.8.4.	Eficiencia del proceso	87
2.3.	Mapeo de la cadena de valor	88
2.4.	Distribución <i>layout</i> actual.....	97
2.5.	Evaluación actual de 5S	98
2.5.1.	Instrumento de medición	98
2.5.2.	Hallazgos	101
2.5.3.	Análisis de resultados.....	105
2.6.	Análisis de los indicadores del equipo	108
2.6.1.	Producción actual	108
2.6.2.	Eficiencia global del equipo (OEE)	112
2.6.3.	Aprovechamiento del equipo (AE)	123
2.7.	Propuesta de mejora con <i>lean manufacturing</i>	127
2.7.1.	Mapeo de la cadena de valor futura (VSM)	127
2.7.2.	Implementación de metodología 5S	129
2.7.2.1.	<i>Seiri</i> (sentido de clasificación)	130
2.7.2.1.1.	Técnica de <i>akafuda</i>	130
2.7.2.2.	<i>Seiton</i> (sentido de ordenar)	132
2.7.2.2.1.	Reordenamiento del área de trabajo	133
2.7.2.3.	<i>Seiso</i> (sentido de limpiar)	135
2.7.2.4.	<i>Seiketsu</i> (sentido de estandarizar)	139

	2.7.2.5.	<i>Shitsuke</i> (sentido de disciplina)	145
		2.7.2.5.1.	Auditoría interna 5S146
2.7.3.		Implementación de metodología <i>jidoka</i>	153
	2.7.3.1.	Aplicación de la metodología <i>poka-yoke</i>	158
	2.7.3.2.	Aplicación del sistema Andon.....	162
2.7.4.		Rediseño <i>layout</i>	164
2.7.5.		Estandarización de la velocidad de trabajo	169
	2.7.5.1.	Ejecución y monitoreo	170
	2.7.5.2.	Análisis de la producción actual	173
	2.7.5.3.	Planeación de la velocidad de trabajo	175
2.7.6.		Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM)	177
	2.7.6.1.	Mantenimiento autónomo	185
	2.7.6.2.	Análisis de los indicadores del equipo .	188
		2.7.6.2.1.	Eficiencia global del equipo (OEE)
			189
		2.7.6.2.2.	Aprovechamiento del equipo (AE)
			197
2.7.7.		Implementación de metodología SMED	199
2.7.8.		Implementación de metodología <i>kaizen</i>	226
	2.7.8.1.	Grupos de mejora continua	226
2.7.9.		Costo de la propuesta	231
3.		FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS APLICANDO PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	233
3.1.		Análisis de consumo de los residuos	233

3.1.1.	Papel	233
3.1.2.	Plástico	235
3.1.3.	Madera	236
3.2.	Impacto al medio ambiente por el uso de los recursos.....	238
3.3.	Propuesta del plan de gestión integral de los residuos	239
3.3.1.	Papel	240
3.3.1.1.	Reducción y reutilización en origen ...	240
3.3.1.1.1.	Definición de actividades.....	240
3.3.1.1.2.	Seguimiento y evaluación	245
3.3.1.2.	Reciclaje	248
3.3.2.	Plástico	250
3.3.2.1.	Reducción y reutilización en origen ...	250
3.3.2.1.1.	Definición de actividades.....	250
3.3.2.1.2.	Seguimiento y evaluación	254
3.3.2.2.	Reciclaje	256
3.3.3.	Madera	258
3.3.3.1.	Reducción y reutilización en origen ...	258
3.3.3.1.1.	Definición de actividades.....	258
3.3.3.1.2.	Seguimiento y evaluación	261
3.3.3.2.	Reciclaje	263
3.4.	Costo de la propuesta.....	264

4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN.....	267
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación.....	267
4.2.	Plan de capacitación	272
4.3.	Resultados de la capacitación.....	281
4.4.	Costo de la propuesta	291
	CONCLUSIONES.....	293
	RECOMENDACIONES	297
	BIBLIOGRAFÍA.....	299

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de Polytec, S. A.....	6
2.	Carga de trabajo real y planificada del área de corte.....	8
3.	Diagrama de Ishikawa.....	10
4.	Puntos porcentuales de la distribución t.....	25
5.	Sistema Westinhouse para calificar habilidades.....	27
6.	Sistema Westinhouse para calificar esfuerzo.....	28
7.	Sistema Westinhouse para calificar condiciones.....	28
8.	Sistema Westinhouse para calificar consistencia.....	28
9.	Holguras recomendadas por la oficina nacional de trabajo de Estados Unidos.....	30
10.	Diagrama de operaciones para el cuadro por cambio de material para familia 1.....	35
11.	Diagrama de flujo para el cuadro por cambio de material para familia 1.....	36
12.	Diagrama de operaciones para el cuadro por cambio de material para familia 2.....	40
13.	Diagrama de flujo para el cuadro por cambio de material para familia 2.....	41
14.	Diagrama de operaciones para el cambio de bobina.....	45
15.	Diagrama de flujo para el cambio de bobina.....	46
16.	Diagrama de operaciones para el cambio de teflón para COR-89.....	52
17.	Diagrama de flujo para el cambio de teflón para COR-89.....	55

18.	Diagrama de operaciones para el cambio de teflón para COR-39, COR-45, COR-46 y COR-79.....	61
19.	Diagrama de flujo para el cambio de teflón para COR-39, COR-45, COR-46 y COR-79.....	62
20.	Diagrama de operaciones para el proceso de empaque para la familia 1	69
21.	Diagrama de flujo para el proceso de empaque para la familia 1	70
22.	Diagrama de operaciones para el proceso de empaque para la familia 2	77
23.	Diagrama de flujo para el proceso de empaque para la familia 2	79
24.	Diagrama de operaciones para el pesado, estibado y embalaje	85
25.	Diagrama de flujo para el pesado, estibado y embalaje	86
26.	Mapeo de la cadena de valor actual	96
27.	Distribución <i>layout</i> actual	97
28.	Gráfico del cumplimiento porcentual por cada fase de la metodología de 5S	106
29.	Gráfico del cumplimiento porcentual de la metodología de 5S en cada máquina.	107
30.	Gráfico de los factores que componen el indicador OEE.....	113
31.	Análisis de las oportunidades de mejora en VSM.....	128
32.	Mapeo de la cadena de valor futura.....	129
33.	Formato de tarjeta roja.....	131
34.	Propuesta de reorganización en cortadoras de sello lateral	134
35.	Propuesta de reorganización en parte inferior de mesas de trabajo de las cortadoras de sello lateral	135
36.	Formato de orden y limpieza por máquina.....	137
37.	Ejemplo de aplicación del control visual	140
38.	Gráfico de propuesta para la identificación y delimitación de las áreas para los elementos de trabajo sobre el piso	142

39.	Gráfico de propuesta para la identificación y delimitación de las áreas para los elementos de trabajo en las mesas	143
40.	Propuesta para inspeccionar la correcta ubicación de los elementos.....	144
41.	Formato para el registro de auditoría de la primera S (clasificación)	147
42.	Formato para el registro de auditoría de la segunda S (orden).....	148
43.	Formato para el registro de auditoría de la tercera S (limpieza)	149
44.	Formato para el registro de auditoría de la cuarta S (estandarización).....	150
45.	Formato para el registro de auditoría de la quinta S (disciplina)	151
46.	Formato para la tabulación de datos para obtener el diagrama radial	152
47.	Formato para la elaboración del reporte final sobre las anomalías que afectan la calidad del producto.....	157
48.	Configuración y significado de las luces Andon	163
49.	Propuesta de tablero Andon.....	164
50.	Redistribución del espacio de las máquinas de sello lateral	166
51.	Espacio optimizado en la redistribución	167
52.	Espacio ocupado por COR-89 vs COR-14.....	168
53.	Espacio ocupado por COR-76 vs COR-15.....	168
54.	Redistribución <i>layout</i> propuesta	169
55.	Boleta de verificación de incremento de velocidad	172
56.	Formato para el tratamiento de fallas.....	179
57.	Formato para el análisis e identificación de la causa raíz	180
58.	Formato para el seguimiento y verificación de solución	181
59.	Formato para la administración temprana de las máquinas.....	183
60.	Formato para la planificación de mantenimientos	185

61.	Formato para registrar la lubricación semanal para las máquinas.....	187
62.	Formato para la inspección semanal de máquinas.....	188
63.	Diagrama de operaciones para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1 con base en la optimización de actividades.....	213
64.	Diagrama de flujo para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1 con base en la optimización de actividades.....	214
65.	Diagrama de operaciones para el proceso de cambio de teflón para COR-89 con base en la optimización de actividades.....	217
66.	Diagrama de flujo para el proceso de cambio de teflón para COR-89 con base en la optimización de actividades.....	219
67.	Diagrama de operaciones para el proceso de cambio de bobina con base en la optimización de actividades.....	223
68.	Diagrama de flujo para el proceso de cambio de bobina con base en la optimización de actividades.....	224
69.	Propuesta para el seguimiento de las actividades de mejora.....	230
70.	Gráficos de análisis sobre la generación, venta y cantidad de papel enviada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020.....	234
71.	Gráficos de análisis sobre la generación, venta y cantidad de plásticos enviada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020.....	236
72.	Gráficos de análisis sobre la generación, venta y cantidad de madera enviada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020.....	237
73.	Campaña de concientización en un punto.....	241
74.	Campaña de concientización en general.....	242
75.	Estandarización para documentos impresos.....	243
76.	Promoción e incremento del uso de pizarra.....	244
77.	Propuesta de formulario para seguimiento de las actividades para la reducción del consumo de papel.....	245

78.	Campaña de concientización en un punto	251
79.	Campaña de concientización en general	252
80.	Contenedores de agua para el personal operativo	253
81.	Aceitera metálica.....	254
82.	Campaña de concientización de en un punto	259
83.	Campaña de concientización en general	260
84.	Contenedores realizados con tarimas desechadas.....	261
85.	Encuesta para detectar necesidades de capacitación en el departamento de corte	268
86.	Plan de capacitación anual	280
87.	Presentación: conociendo la metodología 5S	282
88.	Listados de asistencia: conociendo la metodología 5S	284
89.	Evaluación para la capacitación: conociendo la metodología 5S.....	285
90.	Presentación: gestión integral de los residuos	287
91.	Listados de asistencia: gestión integral de residuos	288
92.	Evaluación para la capacitación: gestión integral de los residuos.....	289
93.	Diploma de participación.....	290

TABLAS

I.	Productos fabricados por POLYTEC S. A.	1
II.	Identificación de criterios para determinar la causa raíz	13
III.	Datos organizados de forma decreciente con su respectivo porcentaje acumulado.....	15
IV.	Productos del proceso de sello lateral.....	17
V.	Matriz del proceso de empaquetado vs productos.....	19
VI.	Matriz del proceso de cuadro por cambio de material vs productos	20
VII.	Descripción de las familias de procesos	21
VIII.	Cantidad de observaciones requeridas y observaciones faltantes.....	26

IX.	Factor de desempeño para el proceso de cuadro para la familia 1	29
X.	Cálculo del porcentaje de holgura para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1	31
XI.	Registro de tiempos requeridos para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1	33
XII.	Determinación del tiempo estándar para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1	34
XIII.	Registro de tiempos requeridos para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 2	38
XIV.	Determinación del tiempo estándar para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 2	39
XV.	Registro de tiempos requeridos para el proceso de cambio de bobina	43
XVI.	Determinación del tiempo estándar para el proceso de cambio de bobina	44
XVII.	Registro de tiempos requeridos para el proceso de cambio de teflón en COR-89.....	48
XVIII.	Determinación del tiempo estándar para el proceso de cambio de teflón en COR-89	50
XIX.	Registro de tiempos requeridos para el proceso de cambio de teflón en COR-39, COR-45 y COR-46.....	59
XX.	Determinación del tiempo estándar para el proceso de cambio de teflón en COR-39, COR-45 y COR-46	60
XXI.	Registro de tiempos requeridos para el proceso de empaque para la familia 1	65
XXII.	Determinación del tiempo estándar para el proceso de empaque para la familia 1.....	66
XXIII.	Registro de tiempos requeridos para el proceso de empaque de la familia 2	73

XXIV.	Determinación del tiempo estándar para el proceso de empaque de la familia 2	74
XXV.	Registro de tiempos requeridos para el proceso de cambio de pesado, estibado y entarimado	83
XXVI.	Determinación del tiempo estándar para el proceso de cambio de pesado, estibado y entarimado	84
XXVII.	Cadenas de valor formadas dentro del proceso de sello lateral.....	89
XXVIII.	Pronóstico de demanda para los productos con sello lateral comprendidos del mes de abril a septiembre del 2021	90
XXIX.	Tiempo de ciclo para los procesos de la técnica de sello lateral	92
XXX.	Tiempo de cambio de producto para la técnica de sello lateral.....	92
XXXI.	Inventario acumulado en los diferentes puntos del proceso.....	93
XXXII.	Determinación del tiempo de no valor añadido (TNVA)	95
XXXIII.	Criterios de evaluación para las fases de 5S	99
XXXIV.	Metodología 5S para evaluar aspectos	100
XXXV.	Formato de evaluación por medio de <i>check list</i>	100
XXXVI.	Hallazgos realizados durante evaluación de 5S para la COR-89.....	102
XXXVII.	Evaluación de los aspectos de 5S en las áreas de trabajo	105
XXXVIII.	Documentación de la producción actual en las cortadoras de sello lateral	110
XXXIX.	Nivel de aprovechamiento de la capacidad de las cortadoras de sello lateral	111
XL.	Escala de evaluación OEE	114
XLI.	Registro y cálculo del promedio de los datos para determinar la disponibilidad	115
XLII.	Determinación del valor del tiempo operativo real por máquina.....	116
XLIII.	Determinación del porcentaje de disponibilidad por máquina	117
XLIV.	Registro y cálculo del promedio de los datos para determinar el rendimiento	118








XLV.	Determinación del valor de la producción programada por máquina	119
XLVI.	Determinación del porcentaje de rendimiento por máquina	120
XLVII.	Registro y cálculo del promedio de los datos para determinar el rendimiento	121
XLVIII.	Determinación del porcentaje de calidad por máquina	122
XLIX.	Determinación del porcentaje de OEE por máquina y resumen de los resultados obtenidos para la disponibilidad, calidad y rendimiento	123
L.	Registro y cálculo de los valores anuales para determinar el AE en base a los datos de la disponibilidad	124
LI.	Determinación del indicador AE para cada máquina	125
LII.	Determinación de la productividad total del equipo (PTEE)	126
LIII.	Aspectos claves a considerar para ordenar las áreas de trabajo	133
LIV.	Asignación de códigos para control visual e inventario.....	141
LV.	Fases para la implementación de <i>shitsuke</i>	145
LVI.	Porcentaje de defectos en el producto por máquina.....	155
LVII.	Tipos de errores.....	158
LVIII.	Determinación de los errores que provocan los defectos en el proceso de sello lateral	159
LIX.	Propuesta de aplicación de los métodos y tipos de medición	161
LX.	Velocidad inicial vs velocidad incrementada	174
LXI.	Planeación de velocidad de trabajo en base a las especificaciones del producto	175
LXII.	Metas y política del mantenimiento productivo total.....	177
LXIII.	Proceso para la implementación del mantenimiento autónomo.....	186
LXIV.	Datos para determinar la disponibilidad con base a las mejoras propuestas	190
LXV.	Determinación del valor del tiempo operativo real por máquina con base a las mejoras propuestas	191

LXVI.	Determinación del porcentaje de disponibilidad por máquina con base a las mejoras propuestas	191
LXVII.	Datos para determinar el rendimiento con base a la mejora propuesta	193
LXVIII.	Determinación del valor de la producción programada por máquina con base a las mejoras propuestas.....	193
LXIX.	Determinación del porcentaje de rendimiento por máquina con base a las mejoras propuestas	194
LXX.	Datos para determinar la calidad con base a las mejoras propuestas	195
LXXI.	Determinación del porcentaje de calidad por máquina con base a las mejoras propuestas.....	195
LXXII.	Determinación del porcentaje de OEE por máquina y resumen de los resultados obtenidos para la disponibilidad, calidad y rendimiento con base a las mejoras propuestas.....	196
LXXIII.	Valores anuales para determinar el AE con base a las mejoras propuestas	198
LXXIV.	Determinación del indicador AE para cada máquina con base a las mejoras propuestas.....	198
LXXV.	Determinación de la productividad total del equipo (PTEE) con base a las mejoras propuestas	199
LXXVI.	Tiempo de cambio para el cuadro por cambio de material para la familia 1	201
LXXVII.	Tiempo de cambio para cambio de teflón en COR-89	202
LXXVIII.	Tiempo de cambio para el proceso de cambio de bobina	203
LXXIX.	Identificación de actividades internas y externas para el cuadro por cambio de material de familia 1	205
LXXX.	Identificación de las actividades internas y externas para el cambio de teflón en COR-89	205

LXXXI.	Identificación de las actividades internas y externas del cambio de bobina	206
LXXXII.	Conversión de actividades internas a externas para el proceso de cuadro por cambio de material para familia 1	208
LXXXIII.	Conversión de actividades internas a externas para el proceso de cambio de teflón de COR-89	208
LXXXIV.	Conversión de actividades internas a externas para el proceso de cambio de bobina.....	209
LXXXV.	Optimización de las actividades para el cuadro por cambio de material para la familia 1	211
LXXXVI.	Optimización de las actividades para el cambio de teflón de la COR-89.....	216
LXXXVII.	Optimización de las actividades para el cambio de bobina.....	222
LXXXVIII.	Costo de la implementación para la implementación de la propuesta.....	231
LXXXIX.	Generación, venta y cantidad de papel destinada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020.....	234
XC.	Generación, venta y cantidad de plástico destinada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020.....	235
XCI.	Generación, venta y cantidad de madera destinada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020.....	237
XCII.	Promedio de CO2 emitido por la generación de desechos.....	239
XCIII.	Consumo real de papel vs consumo con implementación de mejoras	248
XCIV.	Cantidad de papel reciclado y enviado al vertedero vs cantidad de CO2 ahorrado	249
XCV.	Consumo real de plástico vs consumo con implementación de mejoras	256

XCVI.	Cantidad de plástico reciclado y enviado al vertedero vs cantidad de CO2 ahorrado	257
XCVII.	Consumo real de madera vs consumo con implementación de mejoras	262
XCVIII.	Cantidad de madera reciclada y enviada al vertedero vs cantidad de CO2 ahorrado	264
XCIX.	Costo de la implementación para la propuesta	265
C.	Tabla C.Resultados obtenidos para la encuesta de detección de necesidades	269
CI.	Puntuación de la evaluación: conociendo la metodología de 5S	286
CII.	Puntuación de la evaluación: gestión integral de los residuos	290
CIII.	Costo de la implementación de la propuesta	291

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Almacenaje
	Operación combinada
	Demora
	Distribución
°C	Grados centígrados
	Inspección
Kg	Kilogramo
Mm	Milímetro
Min	Minuto
	Operación
%	Porcentaje
	Traslado

GLOSARIO

Auditoría	Proceso en que se verifica el cumplimiento de las actividades asignadas de acuerdo con los estándares establecidos.
Bobina	Cilindro de película plástica que se encuentra enrollado sobre un tubo de cartón.
Cadena de valor	Modelo de negocio que describe la serie completa de actividades necesarias para crear un producto o servicio.
Calibre	Espesor del empaque plástico flexible.
<i>Check list</i>	Lista de control en que se marca el cumplimiento de requerimientos o la recolección de datos de forma ordenada.
CO2	Dióxido de carbono.
Cronometraje	Medición del tiempo exacto para realizar una determinada actividad
Cuellos de botella	Punto de congestión en un sistema de producción (como una línea de montaje o una red informática) que

se produce cuando las cargas de trabajo llegan demasiado rápido

Desviación estándar Medida estadística que permite cuantificar la dispersión de una variable respecto a la media en un conjunto de datos.

Diagrama de flujo Representación gráfica de un proceso o sistema de producción por medio de símbolos que representan la operación, inspección, combinación, operación, inspección, traslado, demora y almacenamiento.

Diagrama de operación Representación gráfica de un proceso o sistema de producción por medio de símbolos que representan la operación, inspección y combinación de estos dos.

Diagrama de Ishikawa Representación gráfica en el que las causas de un determinado problema se agrupan de acuerdo con su clasificación, que corresponde a mano de obra, medio ambiente, métodos, maquinaria, materiales y medición.

Fardo Conjunto de unidades empaquetadas en un embalaje operativamente viable.

Fotocelda Elemento capaz de producir determinada señal por medio de una corriente eléctrica al ser expuesta a la luz.

Fuelle	Doblez al final del empaque plástico flexible para brindarle mayor amplitud y capacidad de almacenamiento.
<i>Layout</i>	Forma en la que están distribuidos los elementos dentro de un diseño.
<i>Lean manufacturing</i>	Filosofía que brinda diversas herramientas para minimizar todo tipo de pérdidas dentro de los sistemas de producción para lograr maximizar la eficiencia.
Precorte	Es un tipo de corte realizado por las máquinas de sello lateral para facilitar la separación de las bolsas por parte del cliente.
Redistribución	Proceso que modifica el orden o posición de los elementos que se adaptan a un espacio físico para lograr la optimización de este.
Tiempo cronometrado	Medición con ayuda de un cronometro del tiempo real para realizar determinada actividad.
Tiempo de ocio	Es el tiempo en el que los operadores no realizan actividades propias de la producción por falta de material, equipo o cualquier elemento que impida la continuidad del trabajo.

Tiempo estándar

Tiempo determinado que se necesita para que un operador preparado y cualificado desarrolle una actividad trabajando a un ritmo ordinario.

Tiempo muerto

Es el tiempo en el que las máquinas no se encuentran produciendo.

RESUMEN

Polímeros y Tecnología, S. A. (Polytec S. A.) es una empresa que se dedica a la fabricación de empaques plásticos flexibles para clientes que se encuentran dentro y fuera del territorio nacional. Su fundación data de más de treinta años y al inicio únicamente cubría el mercado guatemalteco, pero, en relación con el crecimiento de su volumen de producción, lograron expandirse a Centroamérica, Estados Unidos, el Caribe, Panamá y México. Dentro de la compañía se cuenta con cinco áreas importantes, ya que son las determinantes para lograr el producto final: extrusión, impresión, laminación, *slitter* y corte. De igual forma, los departamentos mencionados anteriormente también se pueden catalogar como los principales pasos para obtener los productos agrícolas, industriales y comerciales que Polytec pone a disposición del cliente.

El departamento de corte de la empresa Polytec, S. A. atraviesa por una serie de problemas, principalmente en las cortadoras de sello lateral, que impiden el incremento de la eficiencia. Actualmente, de los cinco departamentos de la empresa, corte es catalogado como el cuello de botella del proceso total para la fabricación de empaques plásticos flexibles.

Dentro de las causas que provocan el problema se encuentra la falta de supervisión al personal operativo, la falta de mantenimiento autónomo, áreas de trabajo desordenadas, ubicación de insumos y equipo en lugares no estratégicos, desaprovechamiento de la capacidad de producción del equipo, inexistencia de estrategias para detectar anomalías en el producto antes de llegar al cliente, falta de grupos multidisciplinarios para implementar mejoras y falta de procesos para el seguimiento de mejoras.

Para dar solución a la problemática planteada se realiza el diseño de la propuesta de mejora en la que se aplican diferentes herramientas de la filosofía de *lean manufacturing*, entre estas se encuentra el análisis de procesos, 5S, distribución *layout*, mapeo de la cadena de valor, mantenimiento productivo total (TPM), eficiencia global del equipo (OEE), aprovechamiento del equipo (AE), *poka-yoke*, grupos de mejora *kaizen*, SMED y *jidoka*.

Con las metodologías propuestas anteriormente se pretende lograr que el flujo de trabajo en las cortadoras de sello lateral se mantenga de forma continua, sin retrasos en las entregas, identificar las operaciones que se realizan dentro del proceso pero no aportan valor al mismo, mejorar la distribución de las áreas de trabajo para facilitar los movimientos y el trabajo del personal operativo, planear la velocidad de trabajo en las máquinas con base en la estandarización de la misma, de acuerdo con el tipo de producto, incrementar los indicadores del equipo y establecer grupos de mejora continua en los que se analice de forma permanente los problemas o situaciones que vayan surgiendo durante el proceso de productos y que representen un riesgo para la eficiencia de la empresa.

OBJETIVOS

General

Optimizar el proceso de sello lateral aplicando la filosofía de *lean manufacturing*.

Específicos

1. Analizar la situación actual mediante un diagnóstico en el proceso realizado por las máquinas de sello lateral, con el fin de identificar puntos de mejora.
2. Describir los procesos comprendidos en la técnica de sello lateral, por medio de los diagramas de operación y de flujo, además de determinar la eficiencia de cada uno.
3. Desarrollar el mapeo de la cadena de valor y la distribución *layout* actual para definir una propuesta concreta sobre el mapeo de la cadena de valor futura y el rediseño de la distribución.
4. Diseñar la estrategia de estandarización de la velocidad de trabajo de acuerdo con la capacidad del equipo para el aprovechamiento eficiente.
5. Diseñar una propuesta en la que se aplique 5S, TPM, SMED, *jidoka*, *poka-yoke* y grupos *kaizen* para analizar los indicadores del equipo de acuerdo con las mejoras sugeridas.

6. Diseñar un plan de gestión integral para el manejo de los residuos, que permita disminuir el impacto generado por la empresa hacia el medio ambiente.

7. Elaborar un plan de capacitación dirigido al personal operativo del departamento de corte basado en la detección de necesidades de capacitación.

INTRODUCCIÓN

Polímeros y Tecnología, S. A. (Polytec, S. A.) es una compañía que, por más de 30 años, se ha dedicado a la fabricación de empaques plásticos flexibles a clientes dentro y fuera del territorio nacional. Al inicio de su fundación, únicamente cubrían el mercado guatemalteco y, con el transcurrir del tiempo, lograron expandirse a toda Centroamérica, Estados Unidos, el Caribe, Panamá y México. Para la obtención de los diversos productos finales, la materia prima debe pasar por un proceso de transformación en cinco áreas generales con el siguiente orden: extrusión, impresión, laminación, *slitter* y corte. Polytec ofrece productos contenidos en tres categorías distintas, las cuales son: productos agrícolas, industriales y comerciales.

Dentro de las cinco áreas o procesos mencionados anteriormente, el departamento de corte es el que representa el cuello de botella de todo el proceso de fabricación de los empaques. Entre las diversas causas del problema se encuentra el proceso de mantenimiento, producción, distribución del área de trabajo, falta de supervisión, falta de estandarización de los procesos y producir por debajo de la capacidad real de las máquinas. Por otro lado, la falta de capacitación al proceso de corte provoca que el personal aprenda de forma empírica cómo es el funcionamiento de las cortadoras y que decidan a criterio propio la velocidad de producción.

Para dar inicio con la propuesta de soluciones a la problemática descrita anteriormente, en el capítulo 1 se da a conocer las generalidades de Polytec, en las que se describe a detalle a qué se dedica la empresa, su visión, misión, valores y el organigrama de la misma.

En el segundo capítulo se presenta la propuesta para implementar un cambio que permita optimizar y mejorar la eficiencia en el proceso productivo de las cortadoras de sello lateral, las cuales son las que presentan mayor carga de trabajo dentro del departamento. Se inicia con el diagnóstico de la situación actual por medio de la diagramación de las diversas operaciones comprendidas en el proceso de sello lateral. Posteriormente, por medio de la filosofía de *lean manufacturing* y sus herramientas, se proponen las actividades para incrementar el flujo de trabajo y evitar cualquier tipo de despilfarro, para que en el proceso de sello lateral se establezca como un estándar la utilización de las herramientas 5S, mantenimiento productivo total (TPM), SMED, *jidoka*, *poka-yoke*, redistribución *layout* y grupos de mejora *kaizen*.

Como parte de la implementación de una gestión integral de los residuos, en el capítulo tercero se diseña una propuesta en la que se aplica producción más limpia para desarrollar las estrategias. Se inicia con el análisis del consumo de los residuos como papel, plástico y madera, los cuales son los materiales con mayor volumen de desecho dentro de Polytec, además se presenta el impacto que eso genera en el medio ambiente. De igual forma, tras realizar dicho análisis se formulan las estrategias para la reducción y reutilización en origen de los residuos, así como el seguimiento y evaluación que se debe realizar con cada actividad a implementar.

Por último, en el capítulo cuarto se diseña un plan de capacitación anual que permita el adiestramiento eficaz para el personal operativo y el acoplamiento integral al ambiente de trabajo, esto a partir de la elaboración del diagnóstico de las necesidades de capacitación. Además, se presentan los resultados de las capacitaciones impartidas al personal, con el fin de brindar conocimientos relacionados con las estrategias a aplicar en la implementación de *lean manufacturing*.

1. GENERALIDADES DE POLYTEC, S. A.

1.1. Descripción

En julio de 1989, la compañía Polímeros y Tecnología (Polytec, S. A.) inicia sus operaciones con la tecnología más reciente, tanto en materiales como en maquinaria, para ofrecer al mercado una nueva alternativa en empaques plásticos flexibles, con el fin de brindar compromiso hacia el cliente. Para la obtención de los diversos productos finales, la materia prima debe pasar por un proceso de transformación en cinco áreas generales con el siguiente orden: extrusión, impresión, laminación, *slitter* y corte. A continuación, se muestran los diversos productos fabricados por la empresa, los cuales están organizados en tres grandes categorías:

Tabla I. **Productos fabricados por POLYTEC S. A.**

Categoría	Productos	
Agrícola	1. Pita plástica 2. Empaque para banano	3. Empaque para almácigos 4. Empaque para mulch
Comercio	1. Bolsa para verduras 2. Bolsa para valores 3. <i>Shopping bag</i> 4. Bolsas para <i>courier</i>	5. Cinta <i>warning</i> 6. Bolsa para boutique 7. Bolsa para basura
Industria	Alimentos	
	1. <i>Snacks</i> 2. Empaque para salsas 3. Empaque para pastas 4. Empaque para pan 5. Alimentos para animales 6. Empaque para dulces	7. Empaque para cereal 8. Empaque para congelados 9. Empaque para polvos 10. Deshidrataos en polvo 11. Bolsa de café 12. Bolsa para granos

Continuación de la tabla I.

	Bebidas
1. Termoencogible sin impresión	2. Termoencogible impreso
	Limpieza
1. Empaque para suavizante	6. Empaque para detergente líquido
2. Empaque para shampoo	7. Empaque para detergente en polvo
3. Empaque para lejía	
4. Empaque para jabón	
5. Empaque para desinfectante	
	Textiles
1. Bolsa para maquila	2. Bolsa para prendas de vestir

Fuente: Polytec, S. A. *Catálogo de producto por categoría. s/p.*

Polytec, a lo largo de su historia, ha logrado aumentar la confianza por parte de sus clientes y es debido a esto que pasó de una capacidad de 40 toneladas por mes a más de 2 300 actualmente. Además, su crecimiento se debe a que, de cubrir únicamente el mercado guatemalteco, se ha pasado a exportar a toda Centroamérica, Estados Unidos, el Caribe, Panamá y México.

Actualmente Polytec cuenta con un total de 700 empleados, de los cuales 565 pertenecen al área de producción y los 135 colaboradores restantes al área administrativa. Debido a que la empresa continúa expandiéndose, las condiciones de trabajo mejoran continuamente y la cantidad de colaboradores aumenta.

Desde su fundación, Polytec se ha adaptado a la globalización y la competencia mundial, ya que son fenómenos inevitables, por lo que en sus labores siempre poseen una mentalidad competitiva, adaptable a la tecnología y

abierta al cambio. Además, la compañía tiene la disponibilidad para que los potenciales clientes conozcan tanto sus instalaciones como su administración eficiente y flexible, que les ha permitido sobresalir en servicio, calidad y precio.

1.2. Visión

Ser la empresa referente en empaque y materiales flexibles en Centroamérica, El Caribe y en nichos de mercado en México y Estados Unidos, a través de la creación continua de valor para cada uno de nuestros clientes, colaboradores y accionistas.¹

1.3. Misión

“Generar valor para la empresa y nuestros clientes a través de la creación de soluciones competitivas”².

1.4. Valores

- Nos preocupamos genuinamente por nuestra gente

El personal humano es lo más importante para Polytec, por lo que fomentan una cultura de respeto por el trabajo para generar un ambiente donde cada persona se pueda desempeñar con pasión.

- Siempre damos la cara

Polytec siempre asumirá su responsabilidad de forma interna, ante los clientes, empleados, proveedores, la comunidad y el país, con el objetivo de tomar acciones que garanticen el beneficio mutuo.

- Nunca nos damos por satisfechos

Los retos son una búsqueda constante por parte de la compañía porque nunca se conforman con el éxito actual.

- Estamos centrado en el cliente

¹ Polytec, S. A. *Nuestra empresa*. <https://www.polytec.com.gt/es/nuestra-empresa>. Consulta: 5 de mayo de 2021.

² Ibid.

La atención al cliente es un aspecto que ha caracterizado Polytec, porque se comprometen con su éxito por medio de la innovación de propuestas, definición de necesidades y seguimiento completo.

- Lo que hacemos, lo hacemos con integridad

Las actividades y la actitud dentro de la compañía son consecuentes con el cumplimiento de sus valores, además de estar comprometidos con la verdad y la honradez.³

1.5. Estructura organizacional

En Polytec, S. A., para reflejar el grado de autoridad, responsabilidad e interacción entre las distintas jerarquías, se utiliza una estructura funcional. Dicha estructura muestra la división de las áreas funcionales o equipo de trabajos agrupados de forma vertical, esto significa que cada departamento cuenta con un superior a cargo y con un grupo de trabajo que se dedica al 100 % al área a la que pertenece. De igual forma, la estructura funcional es ideal para empresas con un catálogo de productos reducido, pero con producción en gran volumen, como es el caso de Polytec.

La alta dirección de la empresa está compuesta por los accionistas, el presidente y el gerente general, quienes tienen la autoridad, los recursos y la toma de decisiones sobre los cambios de la organización. La gerencia general tiene a su cargo las gerencias de: ventas, mantenimiento, recursos humanos, calidad, estrategia organizacional, compras, finanza y, por último, la gerencia con mayor cantidad de colaboradores y que es pilar fundamental para el sostenimiento de la empresa, así como la gerencia de producción. A su vez, la gerencia de producción agrupa a los siguientes departamentos: corte, impresión/laminación, extrusión, *slitter*, preprensa, investigación y desarrollo, planificación y logística, optimización de recursos y seguridad industrial.

³ Polytec, S. A. *Nuestra empresa*. <https://www.polytec.com.gt/es/nuestra-empresa>. Consulta: 5 de mayo de 2021.

Actualmente, Polytec cuenta con 565 colaboradores para el área operativa y 135 para el área administrativa, por lo tanto, la gerencia de producción tiene a su cargo a los 565 operadores en conjunto con 75 del área administrativa, que se encarga directamente de los procesos de producción. Para efectos del proyecto, es importante conocer que, en el departamento de corte, el jefe de área tiene bajo su responsabilidad a 3 supervisores y 90 operadores por turno, por lo tanto, en total en el área se cuenta con 9 supervisores y 270 operadores.

Dentro de la empresa la toma de decisiones y la comunicación se dan de forma vertical, ya que, al momento de adoptar un cambio o comunicar la información, se traslada desde la gerencia general hasta los trabajadores que se encuentran al final de la estructura de la organización. De igual forma, la comunicación puede iniciar desde la base de la estructura para informar sobre nuevas ideas y esta va subiendo por extractos hasta llegar a la gerencia general.

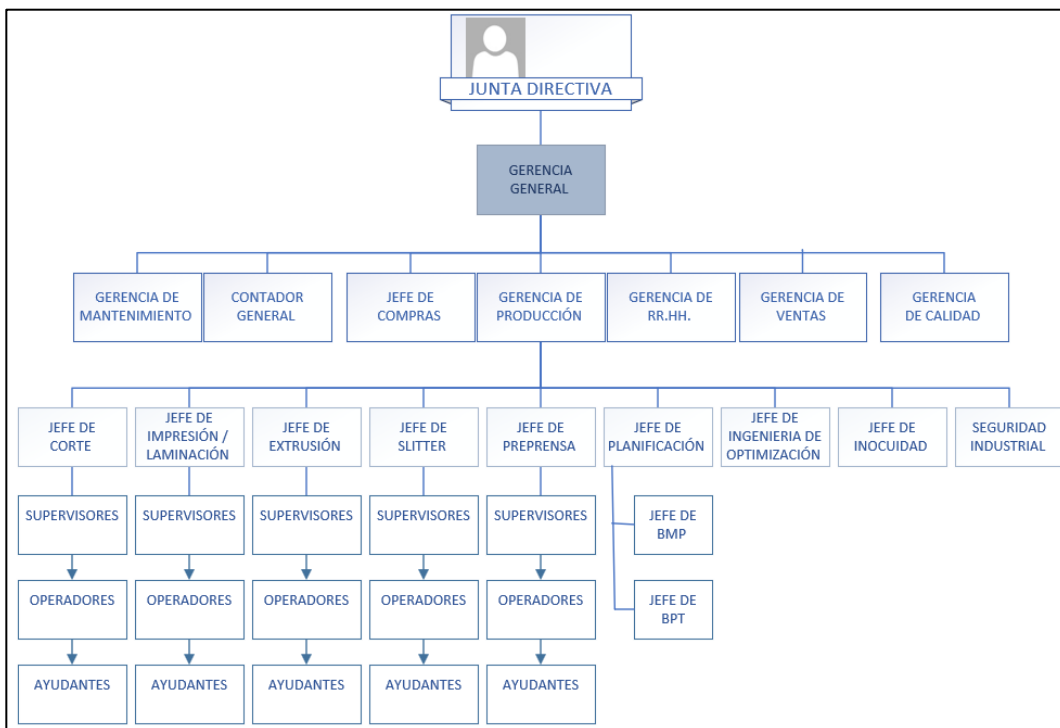
Las funciones de los puestos principales son las siguientes:

- Gerente general: como ya se mencionó anteriormente, tiene a su cargo a las demás gerencias que existen dentro de la empresa. Tiene como función principal tomar decisiones críticas, conducir a los movimientos de forma extratécnica, administrar los recursos entre los departamentos, planificar y supervisar las actividades macro desempeñadas y, por último, motivar a los diversos equipos de trabajo.
- Gerente de producción: se encarga de organizar y controlar el proceso de producción en las diferentes áreas, tales como extrusión, impresión, laminación, *slitter* y corte, para asegurar que el producto final cumpla con las especificaciones correctas, que estén en el tiempo acordado y dentro del presupuesto establecido.

- Jefe de corte: se encarga de las coordinación y control del proceso de corte o sello de los empaques flexibles, además trabaja en conjunto con el departamento de calidad, planificación y ventas, para garantizar que el producto final cumpla con las necesidades del cliente y que se planifiquen los parámetros y fechas de entrega de acuerdo con lo requerido por el cliente a través de los vendedores.

El organigrama de la empresa se representa en la figura 1:

Figura 1. **Organigrama de Polytec, S. A.**



Fuente: Polytec, S. A. *Organigrama interno Polímeros y Tecnología, S. A. s/p.*

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SELLO LATERAL APLICANDO *LEAN MANUFACTURING*

2.1. Diagnóstico de la situación actual

Polytec S. A. se ha caracterizado por ofrecer al cliente calidad y excelencia en sus productos, por lo tanto, está comprometido a la mejora continua, en donde la innovación en la propuesta de soluciones y el seguimiento del desempeño son factores claves para su crecimiento.

Debido a lo mencionado anteriormente es que se debe analizar la situación actual del proceso de sello lateral, el cual es el que presenta menor rendimiento y más problemas dentro del flujo completo para la elaboración de empaques flexibles. Para establecer metodologías y estrategias, en primer lugar, se llevaron a cabo diversas actividades como el análisis del proceso de sello lateral, revisiones de documentos y entrevistas al personal, para luego plasmar las ideas en el diagrama de Ishikawa.

Las máquinas de la familia de sello lateral son las que presentan mayor incidencia en el retraso de entregas en comparación con las otras familias. De acuerdo con los datos presentados para el primer trimestre del 2021, en la figura 2 se puede determinar que las cortadoras de sello lateral son la segunda familia que tienen mayor carga de trabajo, además es importante mencionar que son las que tienen mayor capacidad, pues cuentan con dos pistas de producción.

Figura 2. **Carga de trabajo real y planificada del área de corte**

Familias de máquinas	ene-21		feb-21		mar-21	
	Producción planificada	Producción real	Producción planificada	Producción real	Producción planificada	Producción real
Sello fondo	1,450,000	1,322,751	2,030,000	1,460,774	1,766,100	1,148,653
Gabacha	960,000	737,213	835,200	639,746	860,256	807,221
Manga perforada	1,200,000	841,680	804,000	758,183	538,680	398,739
Manga suelta	1,200,000	1,081,508	1,224,000	941,568	1,248,480	1,112,707
Cinta / lienzo	4,200,500	3,407,656	4,116,490	3,754,285	4,074,485	3,106,392
Sello lateral	3,800,400	2,439,135	3,648,384	2,115,370	4,180,440	2,630,709
Sello pouch	660,000	459,710	433,620	408,455	284,888	204,807
Flowpack	590,000	472,118	708,000	438,181	849,600	695,089

Fuente: Polytec, S. A. *Registro de la producción. s/p.*

Además de la información obtenida por medio de datos históricos sobre la situación actual del departamento de corte, se llevaron a cabo encuestas y entrevistas no estructuradas al personal operativo, con el fin de indagar en el grado de conocimiento y en el nivel de eficacia que se tiene en el proceso de corte o sello lateral.

2.1.1. Diagrama de Ishikawa

El departamento de corte es el que provoca los retrasos en entregas y el que presenta mayor cantidad de errores dentro del proceso de fabricación de los productos. Dentro de las familias de máquinas de este departamento, las de sello lateral son las que presentan mayor incidencia en errores o defectos en el producto. Además, que estas máquinas representan un cuello de botella durante todo el proceso, ya que su capacidad máxima de producción no se aprovecha y

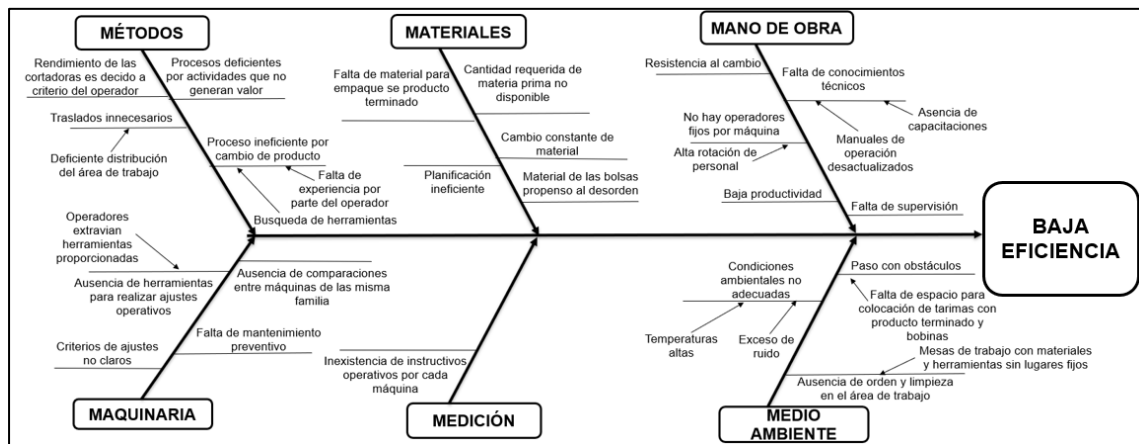
provoca que no tengan la competencia suficiente para recibir el producto enviado del proceso anterior.

Durante la evaluación y diagnóstico para realizar el diagrama de Ishikawa se detectaron una serie de deficiencias por medio de datos históricos (como lo muestra la figura 2), observación, encuestas y entrevistas no estructuradas al personal operativo y administrativos. Los hallazgos se detallan a continuación:

- Tiempos de ocio y tiempos muertos prolongados debido a la falta de material, de herramientas y de supervisión.
- Desactualización en los manuales de operación y ausencia de capacitación técnica hacia los operadores.
- Maquinaria sin mantenimiento diario, es decir, no se cuenta con un plan de mantenimiento autónomo.
- Procesos ineficientes por falta de experiencia del operador, esto debido a la alta rotación de personal existente en el departamento de corte.
- Falta de estandarización de las velocidades en cada una de las máquinas de sello lateral.
- Procesos de producción deficientes por la presencia de actividades que no generan valor que provocan largos tiempos de producción y errores en el producto final.
- Reportes de producción brindados por los operadores son inconsistentes con los reportes del sistema.
- Falta de estandarización de procesos, lo que genera incremento en los tiempos de operación.
- Maquinaria con desperfectos mecánicos por falta de mantenimiento preventivo.
- Los criterios de ajuste para las cortadoras de sello lateral son ineficientes y muchos de ellos no están claros.

- Áreas de trabajo con una distribución inadecuada y paso con obstáculos que los operadores deben esquivar, lo que incide en traslados y tiempos muertos innecesarios.
- Falta de material para empaque del producto terminado debido a una planificación deficiente, lo cual provoca tiempos muertos.
- Resistencia al cambio y desinterés por parte de supervisores y operadores del departamento de corte, para incrementar el rendimiento de las actividades.
- Áreas de trabajo, incluyendo las máquinas, presentan desorden de herramientas y materiales, además de suciedad provocada por el polvo y por los residuos del producto elaborado.
- Las condiciones ambientales, como el incremento de temperatura, afectan las propiedades físicas del plástico flexible (bolsas), lo cual dificulta su manejo.

Figura 3. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

De acuerdo con el diagrama de causa-efecto, se listan a continuación las causas encontradas para determinar la causa raíz:

- Mano de obra:
 - Falta de conocimientos técnicos por ausencia de capacitaciones y manuales de operación desactualizados.
 - Resistencia al cambio.
 - No hay operadores fijos por máquina debido a la alta rotación de personal.
 - Falta de supervisión.
 - Baja eficiencia.

- Medio ambiente:
 - Paso con obstáculos por falta de espacio para colocación de tarimas con producto terminado y tarimas.
 - Ausencia de orden y limpieza en el área de trabajo, debido a que las herramientas no tienen un lugar fijo.
 - Condiciones ambientales no adecuadas por la presencia de ruido y temperaturas altas.

- Materiales:
 - Cantidad requerida de materia prima no disponible por planificación ineficiente.
 - Cambio constante en la formulación del material.
 - Material de las bolsas propenso al desorden.
 - Planificación ineficiente.

- Medición:
 - Falta de estandarización de las velocidades en cada máquina.

- Inexistencia de instructivos operativos por cada máquina.
- Métodos:
 - Rendimiento de las cortadoras es decidido a criterio del operador.
 - Procesos deficientes por actividades que no generan valor.
 - Proceso ineficiente por cambio de producto debido a la inexperiencia de los operadores y a la falta de material en el momento que se necesita.
 - Traslados innecesarios por la deficiente distribución del área de trabajo.
- Maquinaria:
 - Ausencia de herramientas para realizar ajustes operativos por extravíos del herramental proporcionado.
 - Criterios de ajustes no claros.
 - Ausencia de comparaciones entre máquinas de la misma familia.
 - Falta de mantenimiento preventivo.

Para determinar la causa raíz del problema se trabajó el método propuesto y utilizado con regularidad dentro de la empresa Polytec, S. A., el cual consiste en establecer criterios de calificación para cada una de las causas. Para realizar las evaluaciones y asignar las calificaciones de las causas propuestas y detalladas en el diagrama de causa-efecto de este proyecto, se obtuvo el apoyo de un equipo de trabajo multidisciplinario compuesto por personas con experiencia del departamento de Ingeniería de Optimización que tienen los conocimientos necesarios para obtener un análisis factible.

Los criterios formulados por el equipo de trabajo fueron los siguientes:

- ¿Es un factor que lleva al problema?
- ¿Provoca directamente el problema?
- ¿El problema se corrige si esto es eliminado?
- ¿Se puede plantear una solución factible?
- ¿Se puede medir si la solución funcionó?
- ¿La solución es de bajo costo?

Dentro del equipo de trabajo se estableció la calificación con los valores del 1 al 3, en donde el 3 equivale a más beneficio y el 1 a menos beneficio. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de las causas:

Tabla II. **Identificación de criterios para determinar la causa raíz**

CAUSAS	CRITERIOS						TOTALES
	¿Es un factor?	¿Es causa directa?	¿Se corrige el problema si se elimina?	¿Es factible la solución?	¿Es medible la solución?	¿La solución es de bajo costo?	
Falta de conocimientos técnicos por ausencia de capacitaciones y manuales de operación desactualizados.	3	2	2	3	3	3	16
Resistencia al cambio	2	1	1	1	1	1	7
No hay operadores fijos por máquina debido a la alta rotación del personal	2	2	1	2	2	2	11
Falta de supervisión	2	2	1	1	1	1	8
Baja eficiencia	3	4	4	3	3	1	18
Medio ambiente	¿Es un factor?	¿Es causa directa?	¿Se corrige el problema si se elimina?	¿Es factible la solución?	¿Es medible la solución?	¿La solución es de bajo costo?	
Paso con obstáculos por falta de espacio para colocación de tarimas con producto terminado y bobinas.	3	2	2	3	3	3	16

Continuación de la tabla II.

Ausencia de orden y limpieza en el área de trabajo, debido a que las herramientas no tienen un lugar fijo.	3	2	2	3	3	3	16
Condiciones ambientales no adecuadas por la presencia de ruido y temperaturas altas	1	1	1	1	1	1	6
Materiales	¿Es un factor?	¿Es causa directa?	¿Se corrige el problema si se elimina?	¿Es factible la solución?	¿Es medible la solución?	¿La solución es de bajo costo?	
Cantidad requerida de materia prima no disponible por planificación ineficiente.	1	1	1	1	1	2	7
Cambio constante en la formulación del material	1	1	1	1	1	1	6
Material de las bolsas propenso al desorden	1	1	1	1	1	1	6
Planificación ineficiente	2	2	2	2	2	2	12
Medición	¿Es un factor?	¿Es causa directa?	¿Se corrige el problema si se elimina?	¿Es factible la solución?	¿Es medible la solución?	¿La solución es de bajo costo?	
Falta de estandarización de las velocidades en cada máquina	3	3	3	3	3	3	18
Inexistencia de instructivos operativos por cada máquina	2	1	2	3	3	3	14
Métodos	¿Es un factor?	¿Es causa directa?	¿Se corrige el problema si se elimina?	¿Es factible la solución?	¿Es medible la solución?	¿La solución es de bajo costo?	
Rendimiento de las cortadoras es decidido a criterio del operador	3	3	2	3	3	3	17
Largos tiempos de operación	3	3	1	2	3	3	15
Proceso ineficiente por cambio de producto debido a la inexperiencia de los operadores y a la falta de material en el momento que se necesita	3	2	2	3	3	3	16
Traslados innecesarios por la deficiente distribución del área de trabajo	3	3	2	3	3	3	17

Continuación de la tabla II.

Maquinaria	¿Es un factor?	¿Es causa directa?	¿Se corrige el problema si se elimina?	¿Es factible la solución?	¿Es medible la solución?	¿La solución es de bajo costo?	
Ausencia de herramientas para realizar ajustes operativos por extravíos del herramental proporcionado	3	3	3	3	3	2	17
Criterios de ajuste no claros	1	1	1	2	1	1	7
Ausencia de comparaciones entre máquinas de la misma familia	3	2	1	2	3	3	14
Falta de mantenimiento preventivo	3	3	2	3	3	1	15

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para establecer la causa raíz se ordenaron las calificaciones obtenidas para cada causa de forma descendente.

Tabla III. **Datos organizados de forma decreciente con su respectivo porcentaje acumulado**

CAUSAS	TOTALES
Procesos deficientes por actividades que no generan valor	18
Rendimiento de las cortadoras es decidido a criterio del operador	17
Traslados innecesarios por la deficiente distribución del área de trabajo	17
Ausencia de herramientas para realizar ajustes operativos por extravíos del herramental proporcionado	17
Proceso ineficiente por cambio de producto debido a la inexperiencia de los operadores y a la falta de material en el momento que se necesita	16
Falta de conocimientos técnicos por ausencia de capacitaciones y manuales de operación desactualizados.	16

Continuación de la tabla III.

Paso con obstáculos	16
Ausencia de orden y limpieza en el área de trabajo, debido a que las herramientas no tienen un lugar fijo.	16
Largos tiempos de operación	15
Falta de mantenimiento preventivo	15
Inexistencia de instructivos operativos por cada máquina	14
Ausencia de comparaciones entre máquinas	14
Planificación ineficiente	12
No hay operadores fijos por máquina debido a la alta rotación del personal	11
Falta de supervisión	8
Cantidad requerida de materia prima no disponible.	7
Criterios de ajuste no claros	7
Resistencia al cambio	7
Cambio constante en la formulación del material	6
Condiciones ambientales no adecuadas por la presencia de ruido y temperaturas altas	6
Material de las bolsas propenso al desorden	6

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

De acuerdo con el análisis realizado, se determinó que es más beneficioso resolver la deficiencia en el procesos por la presencia de actividades que no generan valor, esto con el fin de mejorar el proceso de sello lateral y solucionar el problema de la alta incidencia de errores en el producto y entregas tardías.

2.2. Análisis del proceso de sello lateral

En el área de corte el proceso de sello lateral es importante, pues presenta mayor carga de trabajo. Este proceso comprende varias acciones a las que se debe someter la materia prima hasta transformarse en el producto final, además dichas acciones tienen ligeras variaciones que dependen de los requerimientos

del cliente y que provocan incremento o disminución de las operaciones en el proceso de fabricación.

A continuación se enlista el conjunto de productos que se transforman por medio del proceso de sello lateral:

Tabla IV. **Productos del proceso de sello lateral**

No.	Código	Producto
1	2362-311	Btw-ld tra <i>cluster tesco small banana rain forestga24730</i> acon
2	2362-531	Btw-ld tra <i>consumer family pack 1 kg 0800300449-959593</i> pn
3	2362-507	Btw-ld tra <i>consumer rosy del monte 260x440 10004984</i>
4	2362-295	Btw-ld tra <i>fydmrb4 445x332 dm4237 fyffes cr</i>
5	0002-C20	Btw-ld tra <i>cluster 5lb 15.87x19x1mils 0800300434-708073</i> mx
6	0671-033	Bc-ld tra <i>imp 12X18X2 mp. c/lineas</i>
7	0002-C18	Btw-ld tra <i>cluster 3lb barcode 11.5x16x1 0800300429-708063</i>
8	2362-398	Btw-ld tra <i>cluster pl-coop 1.4 kgs 279x451 0800300229</i>
9	2362-439	Btw-ld tra <i>bolsa bama first price panama 0800300359-667733</i>
10	0002-A65	Btw-ld tra <i>cluster random weight usa vent 11.5x16x1 134817</i>
11	2362-426	Btw-ld tra <i>bolsa cluster asda panama 0800300374-675033</i>
12	0626-002	Bc-ld tra <i>banana leaves goya</i>
13	2362-401	Btw-ld tra <i>cluster impresa tesco ripe banana0800300239</i>
14	2362-310	Btw-ld tra <i>cluster tesco ripe bananas rain forest ga24731</i> acon

Fuente: Polytec, S. A. *Catálogo de productos por categoría. s/p.*

Los productos que se detallan en la tabla IV se pueden clasificar dentro de familias de acuerdo con las características que cada uno tenga, por lo tanto, estas serán definidas de acuerdo con la similitud en los procesos. Este análisis tiene como fin no repetir procesos que tienen la misma cantidad y orden de operaciones.

Para elaborar los conjuntos de productos que pertenecerán a cada familia, se realizará una matriz en la que se comparen los procesos y los productos para identificar todos los productos que pasen por el 70 % del total de todos los procesos. En la matriz se agregó el aspecto de la cantidad de operadores necesarios para elaborar cada producto. Otro aspecto importante para tomar en cuenta es que, de los 8 procesos del sello lateral, dos pueden dividirse en familias, ya que dependen de las características del producto y los demás procesos se realizan de forma independiente a dichas especificaciones.

En la tabla V se presenta la matriz en la que para cada producto se analiza el proceso de empaque y la cantidad de operadores que son necesarios para su producción, posteriormente se realiza la asignación de familias. Para el proceso de empaque se deben realizar las operaciones de desbobinado, cantidad de unidades selladas, perforaciones, empaquetado primario, orden y sellado de fardo.

En la matriz se presentan dos posibles opciones de realizar la cantidad de unidades selladas, empaquetar de forma primaria y de ordenar el fardo. Esto con el fin de que se pueda iniciar con la diferenciación de familia por medio de estas operaciones, ya que cuando en un producto se marque con X una operación, significa que su proceso está compuesto por todas las actividades marcadas.

Por ejemplo, el proceso para el producto 2362-311 es de la siguiente forma: se inicia con el desbobinado, luego se sellan 125 piezas, son perforadas manualmente con el cautín, en el empaque primario se almacenan 250 unidades para que posteriormente se forme un fardo de 3 000 piezas y, por último, se conoce que para este proceso se necesita de 2 operadores con 2 líneas de producción.

Tabla V. **Matriz del proceso de empaquetado vs productos**

	Procesos								No. de operadores		
	Desbobinado	Sellado de 200 piezas	Sellado de 125 piezas	Perforaciones con cautín	Empaquetado de 500 piezas	Empaquetado de 250 piezas	Ordenar y sellar fardo de 5,000 piezas	Ordenar y sellar fardo de 3,000 piezas	1 operador con 2 líneas de producción	2 operadores con 2 líneas de producción	
Código de productos	2362-311	X		X	X		X		X		X
	2362-531	X		X	X		X		X		X
	2362-507	X		X	X		X		X		X
	2362-295	X		X	X		X		X		X
	0002-C20	X		X	X		X		X		X
	0671-033	X	X			X		X		X	
	0002-C18	X		X	X		X		X		X
	2362-398	X		X	X		X		X		X
	2362-439	X		X	X		X		X		X
	0002-A65	X		X	X		X		X		X
	2362-426	X		X	X		X		X		X
	0626-002	X	X			X		X		X	
	2362-401	X		X	X		X		X		X
	2362-310	X		X	X		X		X		X

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

En la matriz que se presenta en la tabla VI se aplica el mismo principio de la matriz anterior, por lo tanto, la X representa las operaciones por las que pasa el producto. Por ejemplo, el producto 0671-033 inicia su proceso con el cambio de bobina, luego se realiza el ajuste de la fotocelda, ajuste de los corrugadores, ajuste del cabezal de corte y, por último, se conoce que es necesario 1 operador para realizar el proceso de cuadro por cambio de material.

Tabla VI. **Matriz del proceso de cuadro por cambio de material vs productos**

		Procesos						No. de operadores		
		Cambio de bobina	Pre-corte	Fuelle	Perforadores	Fotocelda	Corrugadores	Cabezal de corte	1 operador	2 operadores
Código de productos	2362-311	X	X	X	X	X	X	X		X
	2362-531	X	X		X	X	X	X		X
	2362-507	X	X	X	X	X	X	X		X
	2362-295	X	X		X	X	X	X		X
	0002-C20	X	X		X	X	X	X		X
	0671-033	X				X	X	X	X	
	0002-C18	X	X		X	X	X	X		X
	2362-398	X	X	X	X	X	X	X		X
	2362-439	X	X	X	X	X	X	X		X
	0002-A65	X	X		X	X	X	X		X
	2362-426	X	X		X	X	X	X		X
	0626-002	X				X	X	X	X	
	2362-401	X	X	X	X	X	X	X		X
	2362-310	X	X	X	X	X	X	X		X

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Como se puede observar en las dos matrices, se formaron 2 familias en total y para cada una de ellas se realizará el análisis de los procesos. A continuación se detalla cómo estarán conformadas las familias para los dos procesos.

Tabla VII. Descripción de las familias de procesos

No. de familia	Nombre de familia	Productos para el proceso de empaquetado	Productos para el proceso de cuadro por cambio de material
Familia 1	Proceso con perforación	2362-311	2362-311
		2362-531	2362-531
		2362-507	2362-507
		2362-295	2362-295
		0002-C20	0002-C20
		0002-C18	0002-C18
		2362-398	2362-398
		2362-439	2362-439
		0002-A65	0002-A65
		2362-426	2362-426
		2362-401	2362-401
		2362-310	2362-310
		Familia 2	Proceso sin perforación
0626-002	0626-002		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

El proceso de sello lateral está conformado por diversas actividades que dan inicio desde que la materia prima llegar al lugar de trabajo, hasta que el producto terminado es entarimado y puesto a disposición de la bodega en la que se almacena. Debido a esto se analizarán a detalle las operaciones comprendidas en los procesos correspondientes a la técnica de sello lateral.

2.2.1. Proceso de cuadro por cambio de material para familia 1

El proceso de cuadro se lleva a cabo cuando se termina la fabricación de un pedido, debido a que es necesario realizar un cambio del material anterior al material nuevo del pedido que se empezará a producir. Durante la técnica de sello lateral, el proceso de cuadro es uno de los que representa mayor tiempo de

trabajo, pues requiere de ajustes en las máquinas de acuerdo con las características específicas de cada producto.

El cambio de material para la familia 1 se caracteriza por la presencia de ajustes en los perforadores mecánicos, ya sea por la instalación física a las barras de perforación o por la calibración de la presión del aire. Además, durante este proceso para la familia 1 se presenta la nivelación y arreglo del precorte en cada producto.

2.2.1.1. Estudio de tiempos

Es importante que, para iniciar con el análisis de las operaciones de los diferentes procesos, se realice la medición del trabajo para estandarizar los tiempos observados. Esto debido a que los estándares de tiempo que son establecidos con precisión y fiabilidad logran incrementar la eficiencia del equipo y del personal operativo.

Para iniciar con el estudio se definió la utilización del método de regreso a cero, el cual consiste en tomar la lectura registrada por el cronómetro al finalizar cada actividad y luego regresar la cuenta a cero para iniciar con el siguiente tiempo a cronometrar.

Luego se procedió a cronometrar las actividades y llevar un control sobre las lecturas. De acuerdo con las cantidades de tiempo cronometrados que se llevaron a cabo, se estableció por medio de métodos estadísticos la cantidad de observaciones ideales para asegurar la confiabilidad y asertividad del estudio. A continuación se muestra el cálculo para determinar la cantidad n de tomas de tiempos para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1, tomando en cuenta la operación que mayor desviación posee en los tiempos

cronometrados, la cual corresponde a la operación de liberación de pedido en el sistema. Para los procesos faltantes se realizó el mismo procedimiento.

- Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

x_i = observación número i de la variable x

\bar{x} = media de la variable x

n = número de observaciones

Cálculo:

$$s = \sqrt{\frac{(11,03 - 10,54)^2 + (9,90 - 10,54)^2 + (10,58 - 10,54)^2 + (10,02 - 10,54)^2 + (11,17 - 10,54)^2}{5 - 1}}$$
$$s = 0,575$$

- Número de observaciones ideales

$$n = \left(\frac{t * s}{k * \bar{x}} \right)^2$$

Donde

t = punto porcentual de la distribución t

s = desviación estándar

k = nivel aceptable de error (para efectos del proyecto se permitirá un 5 %)

\bar{x} = media de la variable x

Cálculo:

$$n = \left(\frac{2,571 * 0,575}{0,05 * 10,54} \right)^2$$
$$n = 7,73 \approx 8$$

Como durante el estudio inicial se registraron los tiempos de 5 observaciones, es necesario que para completar la cantidad de cronometrajes requeridos se realicen otras 3 observaciones más.

- Punto porcentual de la distribución t

Para determinar el punto porcentual de la distribución t se utiliza la tabla de probabilidades mostrada en la figura 4, en donde en la fila superior se identifica el valor aceptable de error que es 5 %, es decir 0,005, y en la columna izquierda se ubica la cantidad n igual a 5, pues en el estudio inicial fueron 5 tomas de tiempos las que se realizaron. Al intersecar el valor de la fila con el valor de la columna se obtiene un punto porcentual de distribución igual a 2,571.

Figura 4. Puntos porcentuales de la distribución t

n	Probabilidad P												
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.158	0.325	0.510	0.727	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.142	0.289	0.445	0.617	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.137	0.277	0.424	0.584	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	0.134	0.271	0.414	0.569	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.132	0.267	0.408	0.559	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	0.131	0.265	0.404	0.553	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.130	0.263	0.402	0.549	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	0.130	0.262	0.399	0.546	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.129	0.261	0.398	0.543	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.129	0.260	0.397	0.542	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.129	0.260	0.396	0.540	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.128	0.259	0.395	0.539	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.128	0.259	0.394	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.128	0.258	0.393	0.537	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.128	0.258	0.393	0.536	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.128	0.258	0.392	0.535	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.128	0.257	0.392	0.534	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.127	0.257	0.392	0.534	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.127	0.257	0.391	0.533	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.127	0.257	0.391	0.533	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.127	0.257	0.391	0.532	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.127	0.256	0.390	0.532	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.127	0.256	0.390	0.532	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	0.127	0.256	0.390	0.531	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.127	0.256	0.389	0.531	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.126	0.255	0.388	0.529	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	0.126	0.254	0.387	0.527	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	0.126	0.254	0.386	0.526	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	0.126	0.253	0.385	0.524	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Fuente: NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño*. p. 567.

A continuación, se encuentra la tabla con los datos obtenidos al realizar el cálculo de la media, desviación estándar, porcentaje de aceptabilidad, punto porcentual, cantidad de observaciones requeridas y cantidad de observaciones faltantes. Es importante aclarar que el porcentaje de aceptabilidad de error será para todos los procesos de 5 % y la cantidad de observaciones iniciales será de

5 lecturas, por lo tanto, el punto porcentual corresponderá a 2 571 en cada una de las operaciones.

Tabla VIII. **Cantidad de observaciones requeridas y observaciones faltantes**

Proceso	Cantidad de observaciones iniciales	Promedio	Desviación estándar	Porcentaje de aceptabilidad	Punto porcentual	Cantidad de observaciones requeridas	Observaciones faltantes
Cuadre por cambio de material para familia 1	5	10,54	0,575	5 %	2,571	8	3
Cuadre por cambio de material para familia 2	5	18,11	0,980	5 %	2,571	8	3
Cambio de bobina	5	4,05	0,167	5 %	2,571	5	0
Cambio de teflón COR-89	5	17,72	0,712	5 %	2,571	5	0
Cambio de teflón COR-39, COR-45, COR-46	5	8,22	0,421	5 %	2,571	7	2
Familia 1 - Proceso con perforación	5	1,35	0,079	5 %	2,571	10	5
Familia 2 - Proceso sin perforación	5	0,68	0,041	5 %	2,571	10	5
Pesado, estibado y entarimado	5	5.15	0,223	5 %	2,571	5	0

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Al obtener la cantidad de observaciones requeridas se procede a determinar el tiempo el factor de desempeño, tiempo normal, porcentaje de holguras y tiempo estándar. El cálculo de estos aspectos será ejecutado para el proceso de la familia 1: proceso con perforación, y para los demás procesos se utilizará el mismo principio.

- Factor de desempeño

Para determinar el factor de desempeño se empleó el sistema de calificación de Westinghouse, el cual considera cuatro factores importantes para evaluar el trabajo del personal operativo.

El primer factor es la habilidad, la cual combina la destreza con la experiencia de la persona encargada de realizar el trabajo. El segundo factor es el esfuerzo y esta toma en cuenta la voluntad para llevar a cabo una tarea de forma eficaz. El tercer factor son las condiciones que afectan al operario y no a la operación, entre estas se puede mencionar el ruido, la ventilación, la temperatura y la luz. Por último, se encuentra la consistencia en la toma de tiempos, es decir, mientras más repitencia y menos variabilidad existan en los tiempos, mayor será el nivel de consistencia.

Los factores descritos anteriormente se calificarán siguiendo los valores que se encuentran en las siguientes figuras:

Figura 5. **Sistema Westinhouse para calificar habilidades**

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente: NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño*. p. 359.

Figura 6. **Sistema Westinhouse para calificar esfuerzo**

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño*. p. 359.

Figura 7. **Sistema Westinhouse para calificar condiciones**

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño*. p. 359.

Figura 8. **Sistema Westinhouse para calificar consistencia**

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Fuente: NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño*. p. 360.

Durante el proceso de cuadro para la familia 1, el factor de desempeño de la operación de liberación del pedido en el sistema y la calificación para la habilidad fue B1, para el esfuerzo C1, para las condiciones E y para la consistencia D. Por lo tanto, el factor de desempeño será:

$$\text{Factor de desempeño} = (0,11+0,05-0,03+0) + 1 = 1,13$$

La tabla que se muestra a continuación contiene las calificaciones de cada factor y el valor total del factor de desempeño para cada operación que se realiza en el proceso.

Tabla IX. **Factor de desempeño para el proceso de cuadro para la familia 1**

Factores de desempeño a calificar	Liberación de pedido en sistema		Búsqueda de la orden de pedido		Instalación de bobina		Retirar perforadores		Alineación de impresión		Verificar medidas		Retirar plato de fuelle	
Habilidad	B1	0,11	C2	0,03	C1	0,06	D	0	B2	0,08	B1	0,11	B1	0,11
Esfuerzo	C1	0,05	C1	0,05	D	0	C2	0,02	C1	0,05	C1	0,05	C2	0,02
Condiciones	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03
Consistencia	D	0	D	0	D	0	D	0	D	0	D	0	B	0,03
Suma algebraica		0,13		0,05		0,03		-0,01		0,10		0,13		0,13
Factor de desempeño		1,13		1,05		1,03		0,99		1,10		1,13		1,13

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Tiempo normal

Luego de determinar el valor del factor de desempeño para cada operación se procede a establecer el tiempo normal a través de multiplicar el tiempo cronometrado por el factor de calificación. Entonces, para el traslado hacia el panel de comandos se obtiene el siguiente tiempo normal:

Tiempo normal = tiempo cronometrado x factor de desempeño

Tiempo normal = 10,96 x 1,13 = 12,38 minutos

- Porcentaje de holguras

El tiempo normal no incluye las demoras inevitables que no fueron observadas durante la toma de tiempos, lo que provoca la pérdida de tiempos. Es por esto que se deben realizar ajustes llamados holguras con el fin de compensar dichas pérdidas. Las holguras utilizadas se basan en las propuestas por la Oficina Nacional del Trabajo de Estados Unidos (ILO).

Figura 9. **Holguras recomendadas por la oficina nacional de trabajo de Estados Unidos**

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal.....	5
2. Holgura por fatiga básica.....	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado.....	2
2. Holgura por posición anormal:	
<i>a)</i> Un poco incómoda.....	0
<i>b)</i> Incómoda (flexionado).....	2
<i>c)</i> Muy incómoda (acostado, estirado).....	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5.....	0
10.....	1
15.....	2
20.....	3
25.....	4
30.....	5
35.....	7
40.....	9
45.....	11
50.....	13
60.....	17
70.....	22
4. Mala iluminación:	
<i>a)</i> Un poco abajo de lo recomendado.....	0
<i>b)</i> Bastante abajo de lo recomendado.....	2
<i>c)</i> Muy inadecuada.....	5

Continuación de la figura 9.

5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino	0
b) Trabajo fino o exacto	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo	0
b) Intermitente: fuerte	2
c) Intermitente: muy fuerte	5
d) De tono alto: fuerte	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo	1
b) Espacio de atención compleja o amplia	4
c) Muy complejo	8
9. Monotonía:	
a) Baja	0
b) Media	1
c) Alta	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso	0
b) Tedioso	2
c) Muy tedioso	5

Fuente: NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño*. p. 369.

De acuerdo con las holguras constantes y variables que se detallan en la figura 9, se determina el porcentaje de suplementos con base en los aspectos que aplican para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1:

Tabla X. **Cálculo del porcentaje de holgura para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1**

Holguras constantes	
Holgura personal	5
Holgura por fatiga básica	4
Holguras variables	
Holgura por esta parado	2
Holgura por posición anormal	0
Uso de fuerza o energía muscular	0

Continuación de la tabla X.

Holguras variables	
Mala iluminación	0
Condiciones atmosférica	0
Atención cercana	2
Nivel de ruido	2
Esfuerzo mental	N/A
Monotonía	0
Tedio	0
Sumatoria algebraica	15
Holgura	1.15

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Los valores de calificación asignados por cada holgura se toman como porcentaje, por lo tanto, la holgura para este proceso es del 15 % y se le suma una unidad como parte de la determinación del tiempo estándar. Como parte del análisis, se concluye que el tiempo estándar será 15 % mayor al tiempo cronometrado en el trabajo de campo.

Para los procesos restantes se realizó el mismo principio para determinar el porcentaje de holguras, tomando en cuenta que no en todos los procesos aplican los mismos aspectos.

- Tiempo estándar

Por último, al definir el porcentaje de las holguras se procede a fijar el valor del tiempo estándar para cada operación del proceso de cuadro de la familia 1, esto se efectúa multiplicando el tiempo normal por el valor de la holgura.

$$\text{Tiempo estándar} = \text{tiempo normal} \times \text{porcentaje de holgura}$$

$$\text{Tiempo estándar} = 12,38 \times 1,15 = 14,24 \text{ minutos}$$

De acuerdo con la tabla V, para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1, la cantidad requerida de observaciones para asegurar la confiabilidad del estudio de tiempos es de 8.

Tabla XI. **Registro de tiempos requeridos para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1**

Operación	Tiempo cronometrado (minutos)								Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Liberación de pedido en sistema	11,03	9,9	10,58	10,02	11,17	12,55	11,4	11	10,96
Busqueda de la orden de pedido	7,75	8,17	8,53	10,12	9,38	8,73	9,37	10,5	9,07
Espera de bobinas	6,12	7,35	7,45	5,75	8	8,08	7,37	6,9	7,13
Instalación de bobina	17,53	19,25	17,98	18,58	18	19	18,52	17,1	18,25
Instalar perforadores y sistema mecánico de presión	15,62	16	17,58	16,28	17,48	18,02	16,2	17,67	16,86
Alineación de impresión	9,22	10	11,57	10,93	11,27	9,73	10,13	9,58	10,3
Verificar medidas y posición de la película plástica	1,98	1,57	1,57	1,15	1,17	0,87	1,43	1,5	1,4
Instalar platos de fuelle y ajustar eje de precorte	3,3	4,35	4	4,08	3,33	4,13	3,57	3,05	3,73
Instalación de fotocelda	5,35	6,57	5,48	6	5,5	7	6,02	5,25	5,9
Realización de pruebas para medidas	7,03	6,38	6	7,75	6,6	7,8	7,05	8	7,08
Ajuste de temperatura	0,93	1,33	1,2	0,97	1,03	1,93	1,52	1,75	1,33
Realización de pruebas para sello	2,5	2,9	3	3,03	2,72	4,12	3,38	3,6	3,16
Entrega de muestras al depto. de calidad	9,08	8	9,57	10	8,45	9,65	9,38	11,12	9,41
Tiempo total de ciclo cronometrado									104,5

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XII. **Determinación del tiempo estándar para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1**

Operación	Tiempo cronometrado (min)	Factor de desempeño	Tiempo normal (min)	Holguras	Tiempo estándar (min)
Búsqueda de la orden de pedido	9,07	1,05	9,52	1,15	14,24
Liberación de pedido en sistema	10,96	1,13	12,38	1,15	10,95
Espera de bobinas	7,13	0,86	6,13	1,15	7,05
Instalación de bobina	18,25	1,03	18,79	1,15	21,61
Instalar perforadores y sistema mecánico de presión	16,86	0,99	1,09	1,15	16,86
Alineación de impresión	10,30	1,01	11,33	1,15	13,03
Verificar medidas y posición de la película plástica	1,40	1,13	1,59	1,15	1,82
Instalar platos de fuelle y eje de precorte	3,73	1,13	4,21	1,15	4,84
Instalación de fotocelda	5,90	1,14	6,72	1,15	7,73
Realización de pruebas para medidas	7,08	1,14	8,07	1,15	9,28
Ajuste de temperatura	1,33	1,16	1,55	1,15	1,78
Realización de pruebas para sello	3,16	1,14	3,60	1,15	4,14
Entrega de muestras el depto. de calidad	9,41	1,09	10,25	1,15	11,79
Tiempo estándar total					125,12

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.2.1.2. Diagrama de operaciones

En la figura 11 se presenta el diagrama de operaciones para la realización del cuadro por cambio de material para familia 1.

Figura 10. **Diagrama de operaciones para el cuadro por cambio de material para familia 1**

DIAGRAMA DE OPERACIONES		
EMPRESA: Polytec, S.A.	MÉTODO: Actual	PAGINA: 1/1
DEPARTAMENTO: Corte	DIAGRAMADO POR: Kyara Coronado	FECHA:
PROCESO: Cuadre por cambio de material para familia 1	AUTORIZADO POR: Ing. Mariana Hernández	

Cuadre por cambio de material para familia 1

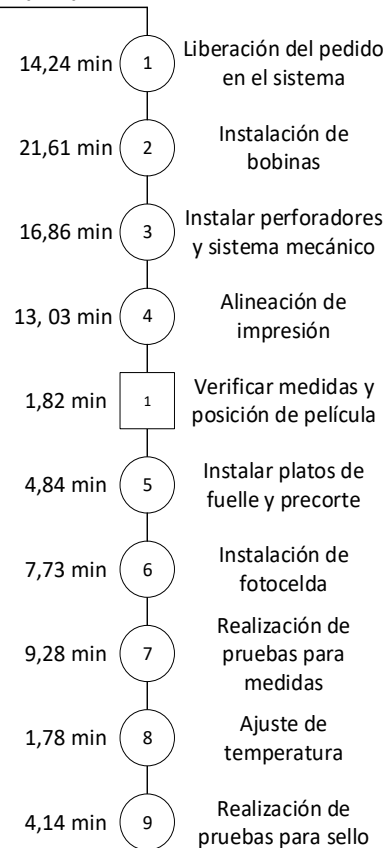


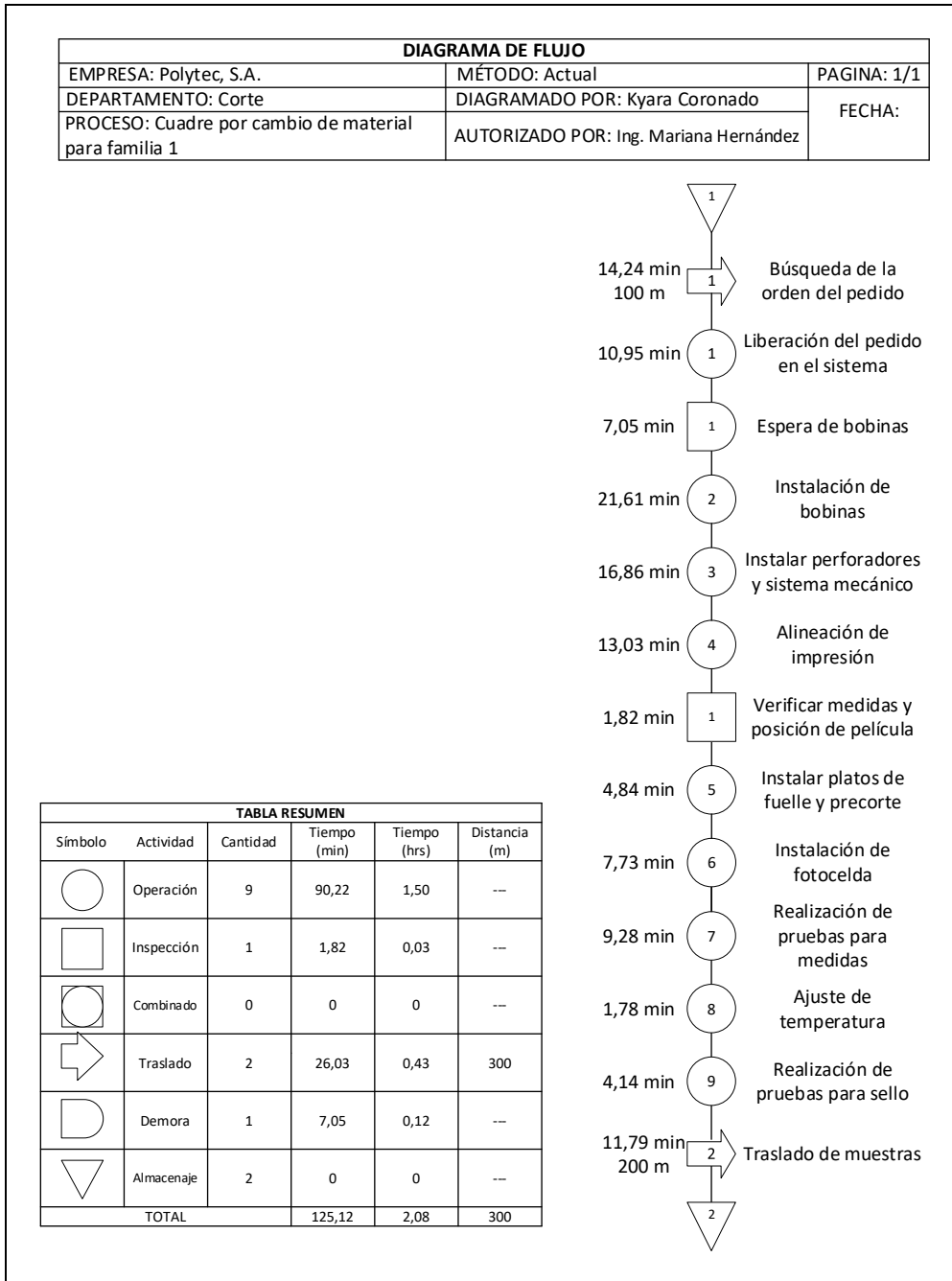
TABLA RESUMEN				
Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo (hrs)
○	Operación	9	90,22	1,50
□	Inspección	1	1,82	0,03
◻	Combinado	0	0	0
TOTAL			92,04	1,53

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.2.1.3. Diagrama de flujo

En la figura 12 se presenta el diagrama de flujo para la realización del cuadro por cambio de material para familia 1.

Figura 11. Diagrama de flujo para el cuadro por cambio de material para familia 1



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.2.1.4. Eficiencia del proceso

De acuerdo con varios autores, la eficiencia de un proceso puede determinarse por medio de la división entre el tiempo del diagrama de operaciones y el tiempo del diagrama de flujo.

A continuación se muestra el cálculo de la eficiencia del proceso actual para el cuadro por cambio de material para familia 1:

$$Eficiencia\ actual = \frac{tiempo\ total\ diagrama\ de\ operaciones}{tiempo\ total\ diagrama\ de\ flujo} \times 100\ \%$$

$$Eficiencia\ actual = \frac{92,04}{125,12} \times 100\ \% = 73,56\ \%$$

Actualmente, este proceso tiene una eficiencia del 73,56 %.

2.2.2. Proceso de cuadro por cambio de material para familia 2

Este proceso, al igual que de la familia 1, se da debido a que finaliza la producción de un pedido e inicia la fabricación de otro.

El proceso de cuadro por cambio de material para la familia 2, a diferencia del proceso para la familia 1, no requiere de arreglos e instalación de los perforadores mecánicos, ni del ajuste en el precorte, pues simplemente los productos pertenecientes a esta familia no demandan estas especificaciones. Sin embargo, sí se siguen manteniendo las operaciones tales como la instalación de bobinas, alineación de impresión, instalación de fotocelda, realización de pruebas y el ajuste de temperatura.

2.2.2.1. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos para el proceso de cuadro para la familia 2 se realizó de la misma forma como se mostró en el inciso 2.2.1.1. De acuerdo con la tabla V, para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 2 la cantidad requerida de observaciones para asegurar la confiabilidad del estudio de tiempos es de 8.

Tabla XIII. **Registro de tiempos requeridos para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 2**

Operación	Tiempo cronometrado (minutos)								Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Búsqueda de la orden de pedido	6,23	6,6	7,53	6	6,6	7	7,52	7,18	6,83
Liberación de pedido en sistema	8,27	10,17	9,95	10,48	8	8,9	9,7	9,23	9,34
Espera de bobinas	7,28	4,45	5,35	7	9,1	5,73	6,78	8,58	6,79
Instalación de bobina	18,62	16,45	18	18,85	18,63	17,38	17	18,07	17,88
Retirar perforadores y sistema mecánico de presión	2,27	1,72	2	2,62	2,27	2,57	2,37	1,95	2,22
Alineación de impresión	12,12	10,35	12,93	12	11,62	17,43	12,85	10,82	12,51
Verificar medidas y posición de la película plástica	1,63	1	0,95	1,12	0,82	0,87	1,4	1,55	1,17
Retirar platos de fuelle y eje de precorte	0,63	0,75	0,67	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8	0,76
Instalación de fotocelda	4,33	5	4,05	4,47	4,27	4,17	4,73	4	4,38
Realización de pruebas para medidas	4,07	7,3	7,95	8,38	6,15	7,07	7,78	8,07	7,1
Ajuste de temperatura	1,5	1,08	1,2	0,97	0,75	0,87	1,52	0,98	1,11
Realización de pruebas para sello	0,65	0,93	0,8	0,85	0,95	1,12	0,8	1	0,89
Entrega de muestras el depto. de calidad	7,38	4	3,2	4,9	4,23	6,8	5,5	6,03	5,26
Tiempo total de ciclo cronometrado									76,22

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XIV. **Determinación del tiempo estándar para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 2**

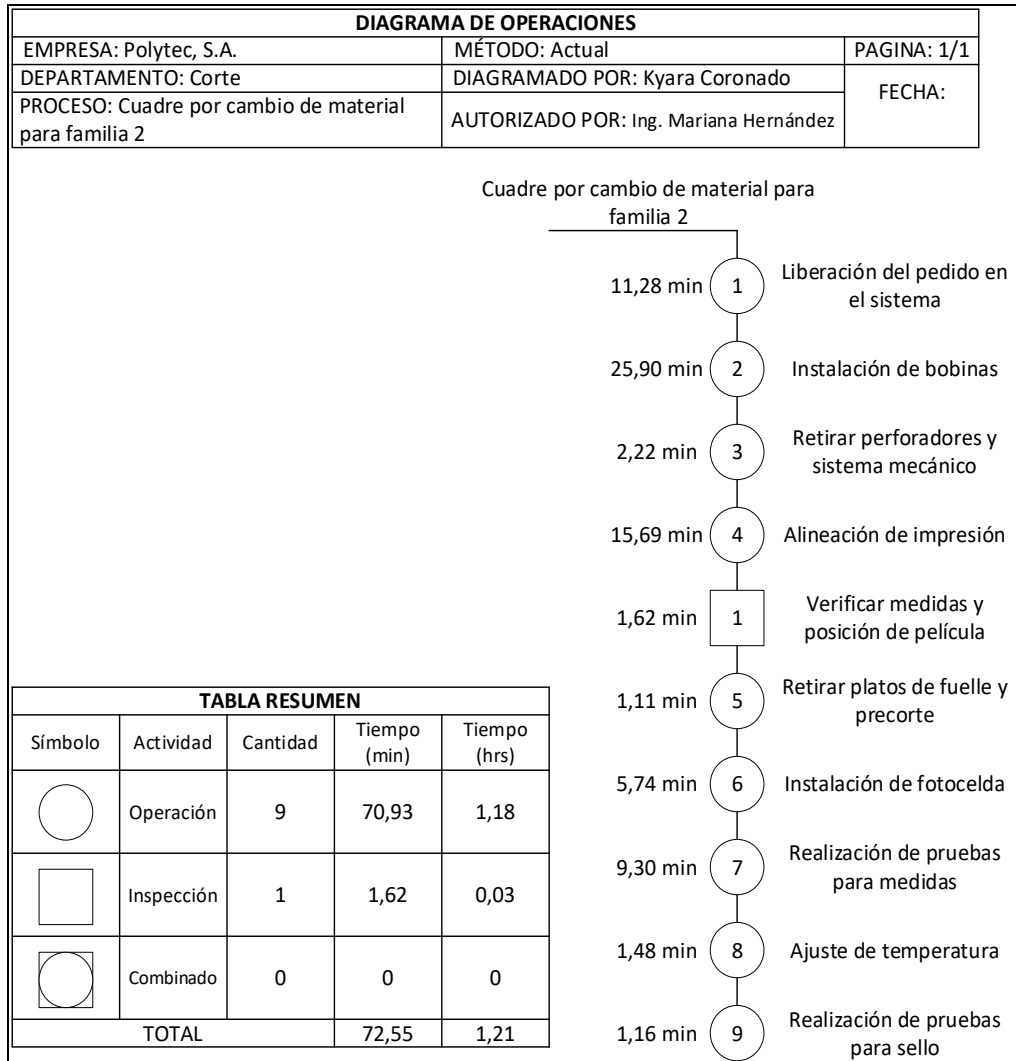
Operación	Tiempo cronometrado (min)	Factor de desempeño	Tiempo normal (min)	Holguras	Tiempo estándar (min)
Liberación de pedido en sistema	9,34	1,05	9,80	1,15	11,28
Busqueda de la orden de pedido	6,83	1,06	7,24	1,15	8,33
Espera de bobinas	6,79	0,86	5,84	1,15	6,71
Instalación de bobina	17,88	1,26	2,52	1,15	25,90
Retirar perforadores y sistema mecánico de presión	2,22	1,25	1,09	1,15	2,22
Alineación de impresión	12,51	1,09	1,64	1,15	15,69
Verificar medidas y posición de la película plástica	1,17	1,21	1,41	1,15	1,62
Retirar platos de fuelle y eje de precorte	0,76	1,26	0,96	1,15	1,11
Instalación de fotocelda	4,38	1,14	4,99	1,15	5,74
Realización de pruebas para medidas	7,10	1,14	8,09	1,15	9,30
Ajuste de temperatura	1,11	1,16	1,29	1,15	1,48
Realización de pruebas para sello	0,89	1,14	1,01	1,15	1,16
Entrega de muestras al depto. de calidad	5,26	1,09	5,73	1,15	6,59
Tiempo estándar total					97,13

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.2.2.2. Diagrama de operaciones

En la figura 13 se presenta el diagrama de operaciones para la realización del cuadro por cambio de material para familia 2.

Figura 12. Diagrama de operaciones para el cuadro por cambio de material para familia 2

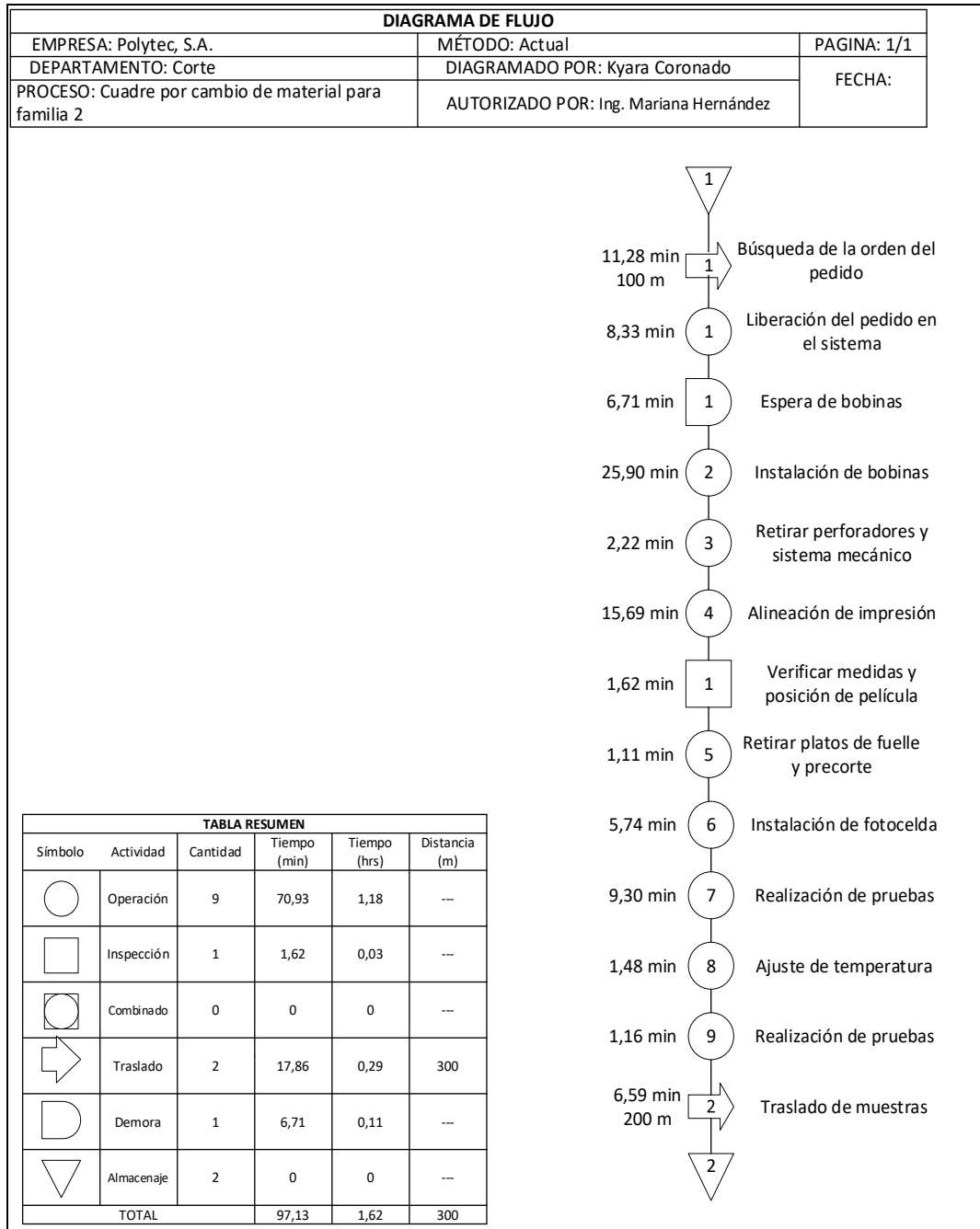


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.2.2.3. Diagrama de flujo

En la figura 14 se presenta el diagrama de flujo para la realización del cuadro por cambio de material para familia 1.

Figura 13. Diagrama de flujo para el cuadro por cambio de material para familia 2



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.2.2.4. Eficiencia del proceso

A continuación se muestra el cálculo de la eficiencia del proceso actual para el cuadro por cambio de material para familia 2.

$$Eficiencia\ actual = \frac{tiempo\ total\ diagrama\ de\ operaciones}{tiempo\ total\ diagrama\ de\ flujo} \times 100\ \%$$
$$Eficiencia\ actual = \frac{72,55}{97,13} \times 100\ \% = 74,69\ \%$$

Actualmente, este proceso tiene una eficiencia del 74,69 %.

2.2.3. Proceso de cambio de bobina

Este proceso comprende el cambio del sobrante de una bobina anterior, llamado core, a una bobina nueva para continuar con la producción de un pedido. El cambio de bobina, de igual forma, se realiza durante el proceso de cuadro debido a que se cambia la bobina del producto anterior por la bobina del producto nuevo.

El proceso inicia cuando se retira el contrapeso y el sobrante de la bobina anterior, para luego proceder a instalar la bobina nueva con ayuda del carro hidráulico que eleva la bobina hasta el punto necesario en el que se puede retirar el embalaje e instalar el eje rotativo. Posteriormente se instala en la bailarina el eje y el contrapeso, por último solo se debe verificar que el precorte y la película plástica estén ubicadas correctamente en los rodillos tractores para poder accionar el funcionamiento de la máquina.

El cambio de bobina es un proceso que se da en todas las cortadoras de sello lateral, por lo que, para analizarlo a profundidad, el estudio se realizó en la totalidad de las máquinas de este tipo.

2.2.3.1. Estudio de tiempos

El proceso de cambio de bobina es el mismo para todas las máquinas que pertenecen a la familia de sello lateral, por lo tanto, este proceso no se separó en subconjuntos. Los tiempos observados inicialmente fueron 5, al igual que la cantidad de tiempos requeridos, debido a esto, no fue necesario realizar más cronometrajes.

Tabla XV. **Registro de tiempos requeridos para el proceso de cambio de bobina**

Operación	Tiempo cronometrado (minutos)					Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Buscar el carro elevador de bobina	3,1	3	3,22	3,32	3,24	3,18
Trasladar bobina	2,22	1,34	2,13	2,06	2	1,95
Retirar contrapeso y sobrante de la bobina anterior	0,98	1,2	1,08	0,92	1	1,04
Accionar mecanismo para elevar la bobina	1,24	1,34	1,25	2	1,34	1,43
Verificar altura de la bobina	0,97	0,92	0,95	1,09	1,03	0,99
Retirar embalaje de la bobina	1	0,63	0,72	0,67	0,8	0,76
Instalar barra giratoria en el core	1,03	1,11	1,08	1,01	1,06	1,06
Instalar la bobina en la bailarina y verificar que este centrada	0,73	0,93	0,67	0,83	0,68	0,77
Unir película anterior con la película nueva	3,95	4,17	3,98	4,08	4,05	4,05
Verificar posición de la película	0,53	0,5	0,45	0,62	0,48	0,52
Instalar contrapeso	0,72	0,67	0,62	0,68	0,8	0,7
Verificar el eje del precorte y platos para fuelle	1,2	1,08	1,37	1,27	1,23	1,23
Ajustar la película en rodillos tractores e inyectores	0,45	0,48	0,42	0,52	0,45	0,46
Accionar el funcionamiento de la máquina	0,17	0,25	0,28	0,2	0,23	0,23
Esperar a que la máquina corte la pieza con la unión de tape adhesivo	1,27	1,38	1,33	1,2	1,47	1,33
Trasladar el carro elevador de bobina	1,12	1,25	1,32	1,17	1,33	1,24
Tiempo total de ciclo cronometrado						20,93

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para el proceso de cambio de teflón en la COR-89 se definieron los siguientes valores para el tiempo cronometrado, factor de desempeño, tiempo normal, porcentaje de holgura y tiempo estándar.

Tabla XVI. **Determinación del tiempo estándar para el proceso de cambio de bobina**

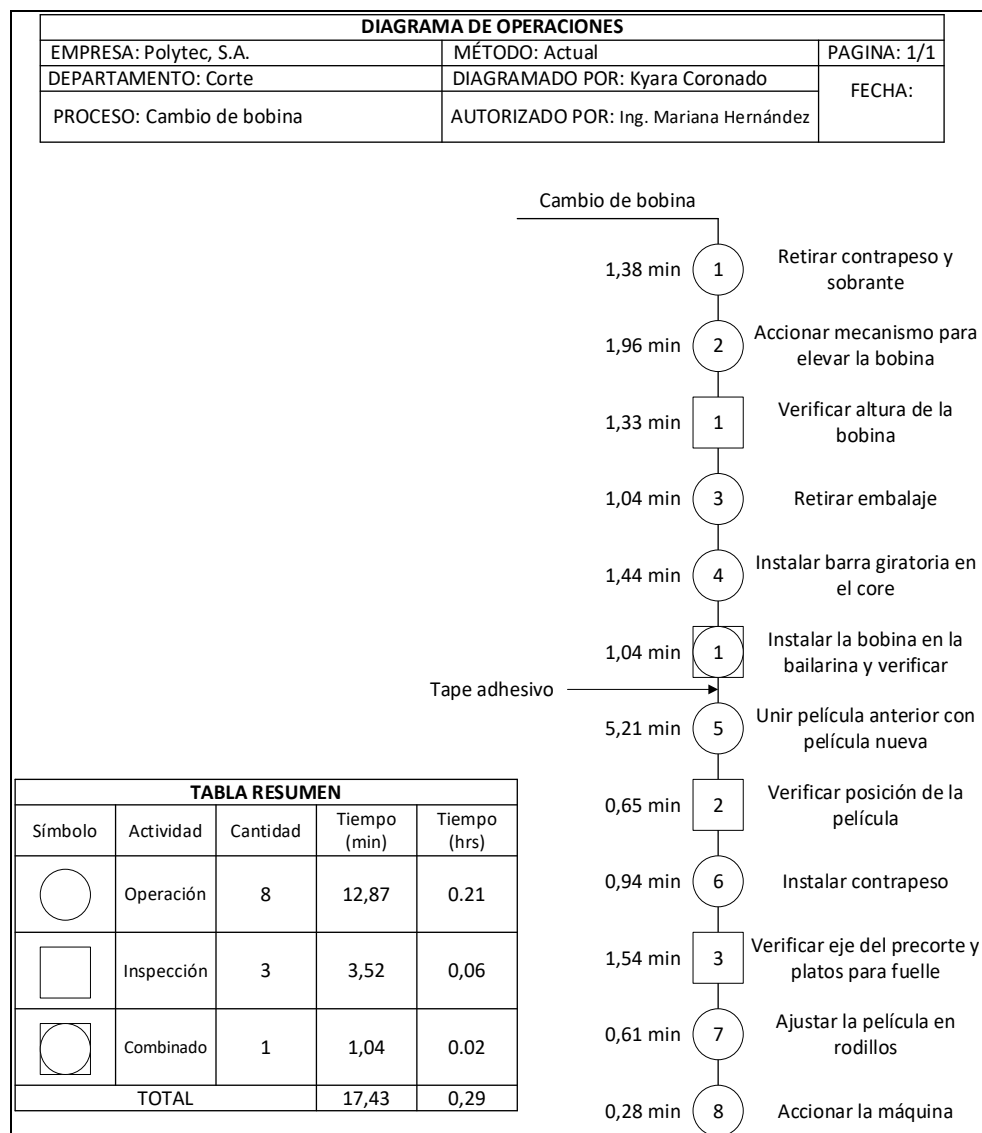
Operación	Tiempo cronometrado (min)	Factor de desempeño	Tiempo normal (min)	Holgura	Tiempo estándar (min)
Buscar el carro elevador de bobina	3,18	1,12	3,56	1,14	4,05
Trasladar bobina	1,95	1,17	2,28	1,14	2,6
Retirar contrapeso y sobrante de la bobina anterior	1,04	1,17	1,21	1,14	1,38
Accionar mecanismo para elevar la bobina	1,43	1,2	1,72	1,14	1,96
Verificar altura de la bobina	0,99	1,18	1,17	1,14	1,33
Retirar embalaje de la bobina	0,76	1,2	0,92	1,14	1,04
Instalar barra giratoria en core	1,06	1,19	1,26	1,14	1,44
Instalar bobina en la bailarina y verificar que este centrada	0,77	1,18	0,91	1,14	1,04
Unir película anterior con la película nueva	4,05	1,13	4,57	1,14	5,21
Verificar posición de película	0,52	1,1	0,57	1,14	0,65
Instalar contrapeso	0,7	1,18	0,82	1,14	0,94
Verificar eje del precorte y platos para fuelle	1,23	1,1	1,35	1,14	1,54
Ajustar rodillos tractores e inyectoros	0,46	1,16	0,54	1,14	0,61
Accionar el funcionamiento de la máquina	0,23	1,08	0,25	1,14	0,28
Esperar a que la máquina corte la pieza con la unión de tape adhesivo	1,33	0,97	1,29	1,14	1,47
Trasladar carro elevador de bobina	1,24	1,17	1,45	1,14	1,65
Tiempo estándar total					27,2

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.2.3.2. Diagrama de operaciones

En la figura 15 se presenta el diagrama de operaciones para el cambio de bobina:

Figura 14. Diagrama de operaciones para el cambio de bobina

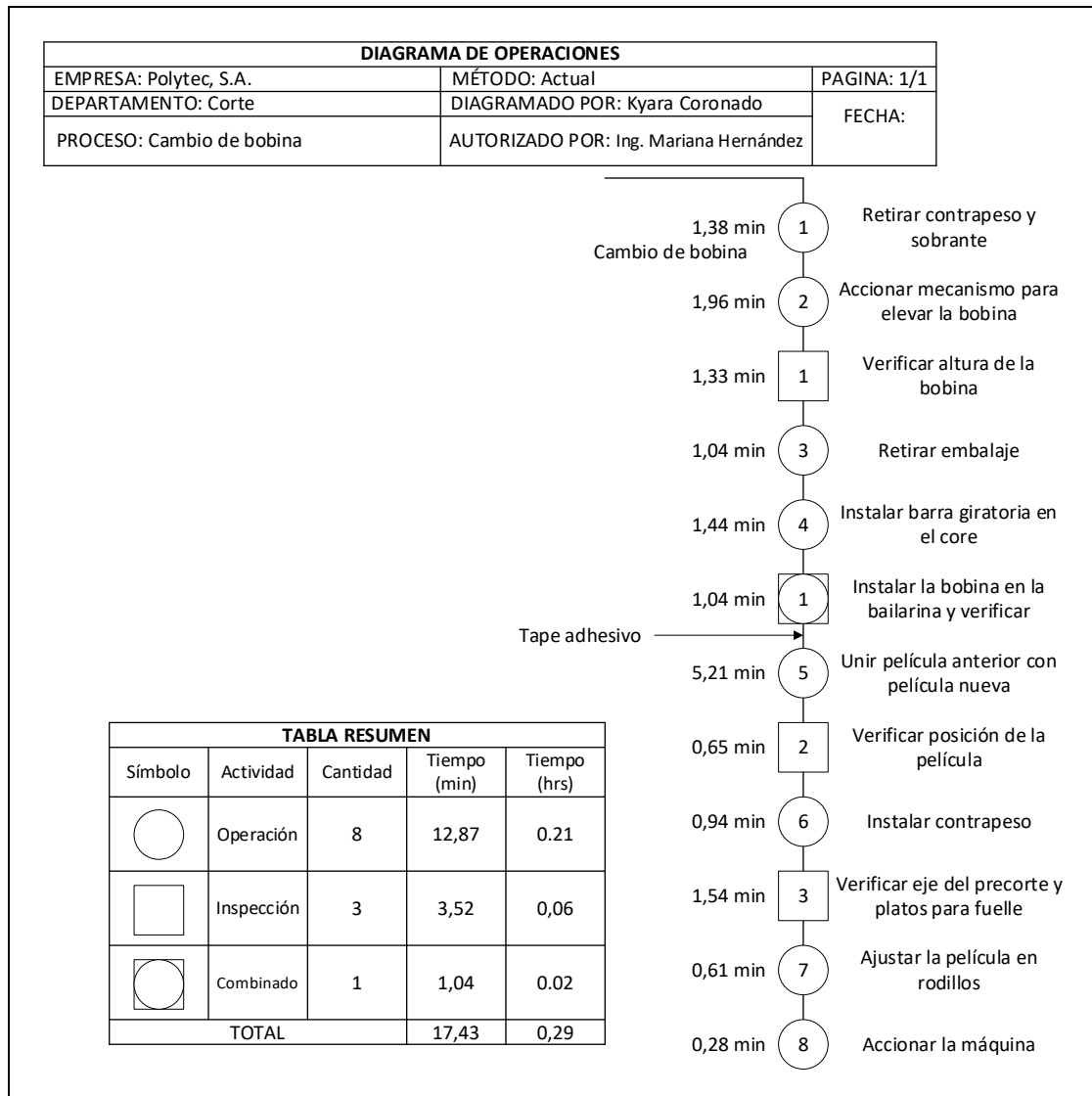


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.2.3.3. Diagrama de flujo

En la figura 16 se presenta el diagrama de flujo del cambio de bobina.

Figura 15. Diagrama de flujo para el cambio de bobina



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.2.3.4. Eficiencia del proceso

A continuación se muestra el cálculo de la eficiencia del proceso actual para el cambio de bobina:

$$Eficiencia\ actual = \frac{tiempo\ total\ diagrama\ de\ operaciones}{tiempo\ total\ diagrama\ de\ flujo} \times 100\ \%$$
$$Eficiencia\ actual = \frac{17,43}{27,20} \times 100\ \% = 64,08\ \%$$

Actualmente este proceso tiene una eficiencia del 64,08 %.

2.2.4. Proceso de cambio de teflón para COR-89

En las cortadoras de sello lateral, el cambio de teflón es un proceso que se realiza después de cuadrar por cambio de material, sin embargo, también se puede llevar a cabo en el momento en que los operadores de cada máquina determinen que el teflón del rodillo sellador no se encuentra en óptimas condiciones y afecta en la calidad del producto.

Para la máquina COR-89 el proceso de cambio de teflón es muy extenso, pues el sistema de desacoplar y ensamblar los engranajes, piezas y partes de protección de la máquina representa un nivel de complejidad mayor al de las demás cortadoras de sello lateral, debido a que la COR-89 es de una marca comercial diferente.

El proceso de cambio de teflón para la cortadora 89 inicia con la adquisición del teflón nuevo y de lija en la bodega de repuestos, luego los operadores deben esperar 45 minutos a que el cabezal de corte se enfríe para poder manipularlo. Cuando ya se encuentra a temperatura ambiente el cabezal, se empieza a

desarmar el armazón, las bandas, los engranajes, la cortina y por último se retira el cabezal. Posteriormente se retira el teflón deteriorado, se lija el rodillo y se adhiere el nuevo teflón, para que al finalizar se inicie con la instalación de todos los elementos desarmados o retirados con anterioridad. Al verificar que todas las piezas están ajustadas correctamente se pone en funcionamiento las bandas, mientras el cabezal llega a la temperatura ideal que va desde los 160 °C hasta los 190 °C.

2.2.4.1. Estudio de tiempos

Para el proceso de cambio de teflón en la máquina COR-89 se determinó que la cantidad requerida de observaciones era de 5 y, debido a que las tomas iniciales de tiempos fueron esta cantidad, ya no fue necesario realizar más cronometrajes.

Tabla XVII. **Registro de tiempos requeridos para el proceso de cambio de teflón en COR-89**

Operación	Tiempo cronometrado (minutos)					Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Traslado a bodega de materia prima	11,15	11,43	11,3	11,59	11,35	11,36
Adquisición del teflón nuevo	2,51	2,46	2,49	2,56	2,46	2,5
Adquisición de lija	1,24	1,21	1,11	1,19	1,23	1,2
Traslado hacia máquina	11,13	10,34	11,29	11,15	11,09	11
Espera hasta que se enfríe el cabezal	75	75	75	75	75	75
Desatornillar cojinete de la armazón de las bandas	10,13	10,35	10,36	10,14	10,06	10,21
Desatornillar la cubierta protectora de engranajes	3,31	2,37	3,67	3,16	3,37	3,17
Desatornillar y retirar rodillos de las bandas	3,98	3,73	3,62	4	3,92	3,85
Desatornillar y retirar el cabezal de corte	5,42	5	6	4,92	5,17	5,3
Desatornillar y retirar cortina	6	5,62	5,95	5,83	5,33	5,75
Desatornillar cojinete	18,1	18,17	16,87	16,93	18,52	17,72
Desatornillar rodillo sellador	7,57	7,2	6,92	7,82	7,6	7,42

Continuación de la tabla XVII.

Desinstalar el rodillo sellador de la máquina	8,03	7,83	8,17	8,67	8,57	8,25
Retirar el teflón dañado del rodillo sellador	4,82	5,03	5,28	5	4,87	5
Adherir el teflón nuevo al rodillo	7,13	7,3	6,67	7,08	7,82	7,2
Instalar el rodillo sellador y verificar que este centrado	8,65	8,2	8,03	8,17	7,87	8,18
Unión del rodillo sellador a la máquina	5,17	5,52	4,95	5,4	5,48	5,3
Unión del rodillo sellador al cojinete	15,55	16,43	15,17	15,03	15,42	15,52
Limpieza de la cortina	12,17	12,68	12,92	12,5	12,83	12,62
Unión de la cortina al rodillo sellador	1,95	1,25	1,45	1,73	1,95	1,67
Posicionar el cabezal sobre su base y verificar que este centrado	4,2	5	4,58	5,08	4,98	4,77
Unión de los rodillos de las bandas con la máquina	2	2,27	1,77	2,28	2,37	2,14
Unión de la cubierta protectora de engranajes con la máquina	1,7	1,42	1,22	2,02	1,02	1,47
Unión del cojinete con los rodillos de las bandas	8,43	8,2	8,07	8,8	8,63	8,43
Verificar unión entre el cojinete y los rodillos de las bandas	0,85	1,1	0,92	0,97	1,27	1,02
Ordenar y ajustar en su posición las bandas	4,72	5,03	4,95	5,25	5,07	5
Verificar la posición de las bandas	1,28	1,42	1,08	0,85	0,97	1,12
Poner en funcionamiento las bandas	0,35	0,67	0,55	0,63	0,28	0,5
Graduar la temperatura del cabezal	0,72	1,07	1,17	1,12	1,18	1,05
Traslado de teflón sobrante	12,27	10,63	10,9	11,7	11,5	11,4
Tiempo total de ciclo cronometrado						255,11

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para el proceso de cambio de teflón en la COR-89 se definieron los siguientes valores para el tiempo cronometrado, factor de desempeño, tiempo normal, porcentaje de holgura y tiempo estándar:

Tabla XVIII. **Determinación del tiempo estándar para el proceso de cambio de teflón en COR-89**

Operación	Tiempo cronometrado (min)	Factor de desempeño	Tiempo normal (min)	Holguras	Tiempo estándar (min)
Traslado a bodega de materia prima	11,36	1,09	12,39	1,15	14,24
Adquisición del teflón nuevo	2,50	1,24	3,10	1,15	3,56
Adquisición de lija	1,20	1,17	1,40	1,15	1,61
Traslado hacia máquina	11,00	1,09	11,99	1,15	13,79
Espera hasta que se enfríe el cabezal	75,00	--	--	--	75,00
Desatornillar cojinete de la armazón de las bandas	10,21	1,15	11,74	1,15	13,50
Desatornillar la cubierta protectora de engranajes	3,17	1,21	3,84	1,15	4,42
Desatornillar y retirar rodillos de las bandas	3,85	1,19	4,58	1,15	5,27
Desatornillar y retirar el cabezal de corte	5,30	1,22	6,47	1,15	7,44
Desatornillar y retirar cortina	5,75	1,28	7,36	1,15	8,46
Desatornillar cojinete	17,72	1,21	21,44	1,15	24,65
Desatornillar rodillo sellador	7,42	1,09	8,09	1,15	9,30
Desinstalar el rodillo sellador de la máquina	8,25	1,01	8,34	1,15	9,59
Retirar el teflón dañado del rodillo sellador	5,00	1,29	6,45	1,15	7,42
Adherir el teflón nuevo al rodillo	7,20	1,27	9,14	1,15	10,52
Instalar el rodillo sellador y verificar que este centrado	8,18	1,01	8,27	1,15	9,50
Unión del rodillo sellador a la máquina	5,30	1,21	6,42	1,15	7,38
Unión del rodillo sellador al cojinete	15,52	1,12	17,38	1,15	19,99
Limpieza de la cortina	12,62	1,22	15,40	1,15	17,71
Unión de la cortina al rodillo sellador	1,67	1,14	1,90	1,15	2,19
Posicionar el cabezal sobre su base y verificar que este centrado	4,77	1,27	6,06	1,15	6,97
Unión de los rodillos de las bandas con la máquina	2,14	1,05	2,24	1,15	2,58

Continuación de la tabla XVIII.

Unión de la cubierta protectora de engranajes con la máquina	1,47	1,29	1,90	1,15	2,19
Unión del cojinete con los rodillos de las bandas	8,43	1,06	8,93	1,15	10,27
Verificar unión entre el cojinete y los rodillos de las bandas	1,02	1,16	1,18	1,15	1,36
Ordenar y ajustar en su posición las bandas	5,00	1,30	6,50	1,15	7,48
Verificar la posición de las bandas	1,12	1,27	1,42	1,15	1,64
Poner en funcionamiento las bandas	0,50	1,17	0,58	1,15	0,67
Graduar la temperatura del cabezal	1,05	1,20	1,26	1,15	1,45
Traslado de teflón sobrante	11,40	1,09	12,43	1,15	14,29
Tiempo estándar total					314,41

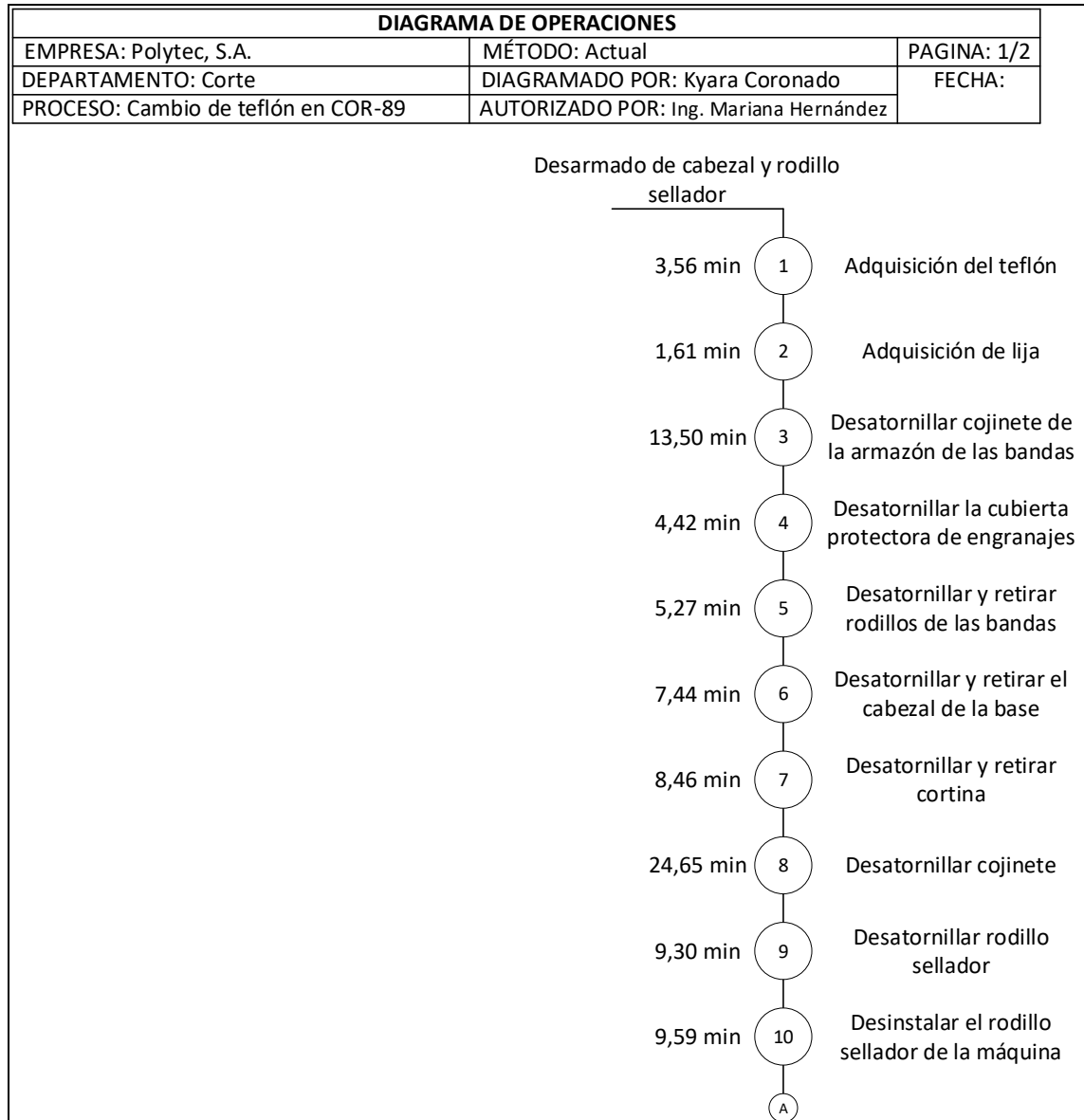
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para definir el tiempo estándar de la espera hasta que el cabezal enfríe no es necesario determinar el factor de desempeño, tiempo normal y holgura, ya que el tiempo cronometrado es el tiempo estándar que se sigue de forma obligatoria para esperar a que la temperatura del cabezal descienda por completo.

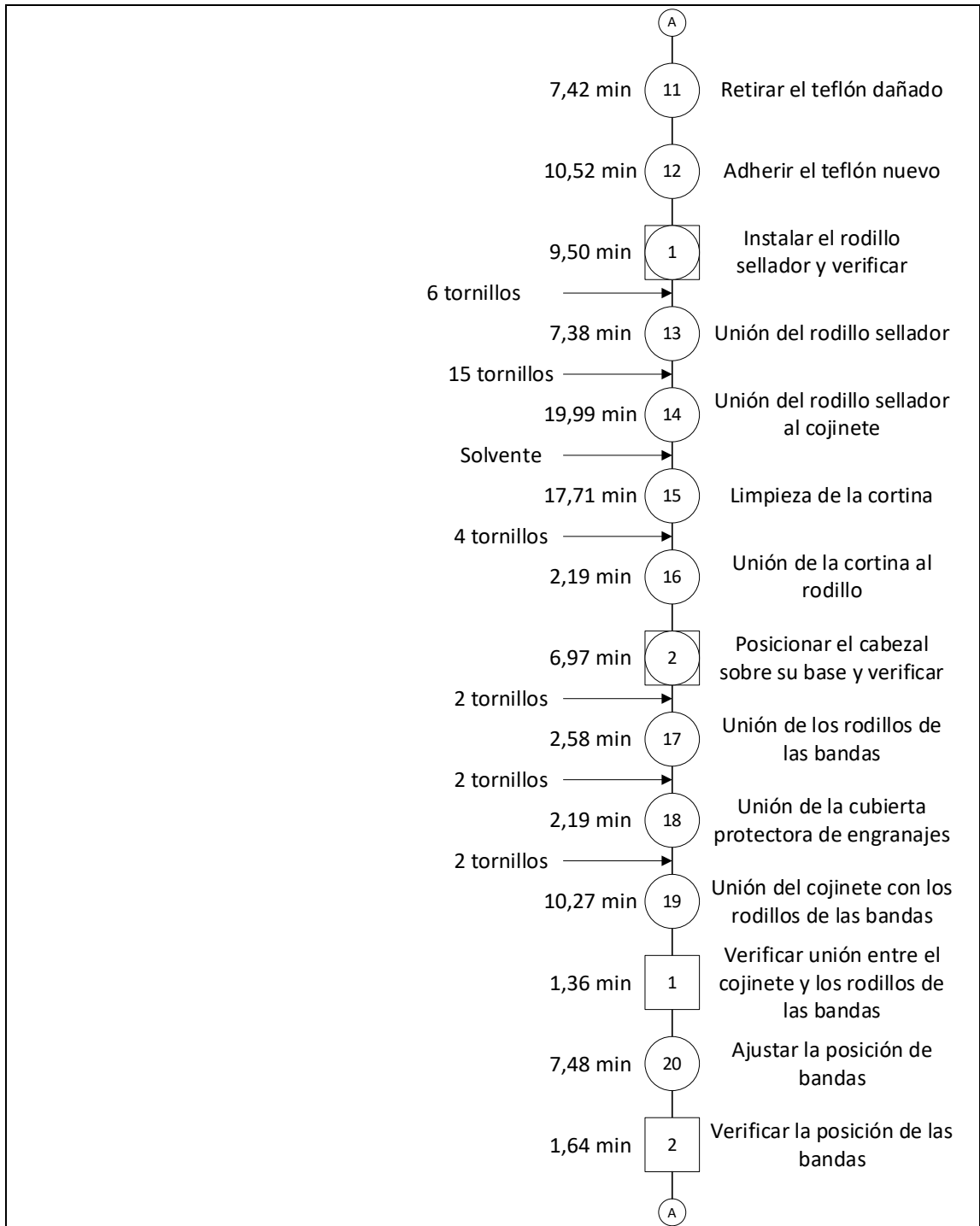
2.2.4.2. Diagrama de operaciones

En la figura 17 se presenta el diagrama de operaciones para el cambio de teflón para COR-89:

Figura 16. Diagrama de operaciones para el cambio de teflón para COR-89



Continuación de la figura 16.



Continuación de la figura 16.

TABLA RESUMEN				
Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo (hrs)
○	Operación	22	177,62	2,96
□	Inspección	2	3,00	0,05
◻	Combinado	2	16,47	0,27
TOTAL			197,07	3,28

A

○

0,67 min

○ 21

Poner en funcionamiento las bandas

○

1,45 min

○ 22

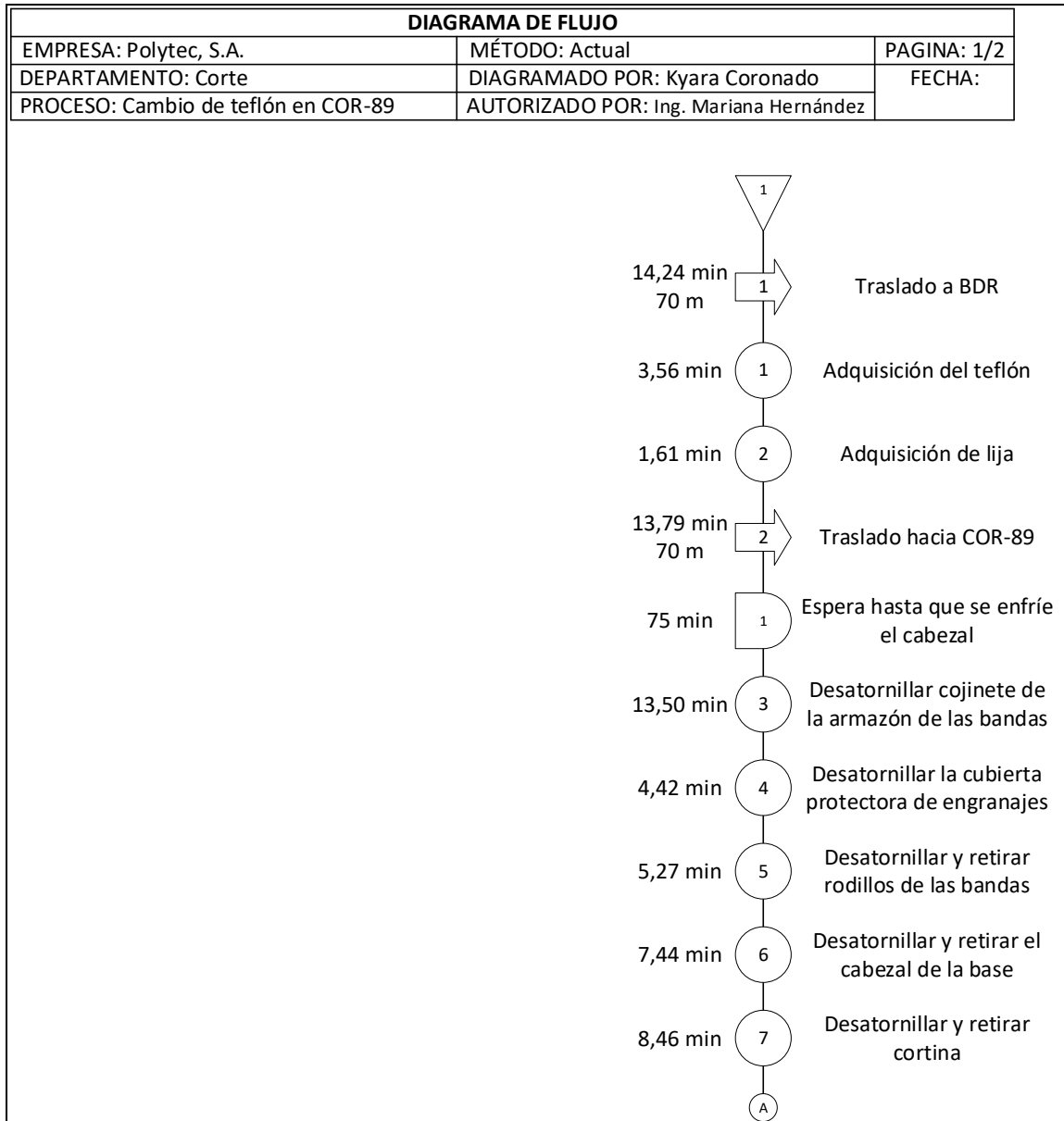
Graduar la temperatura del cabezal

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

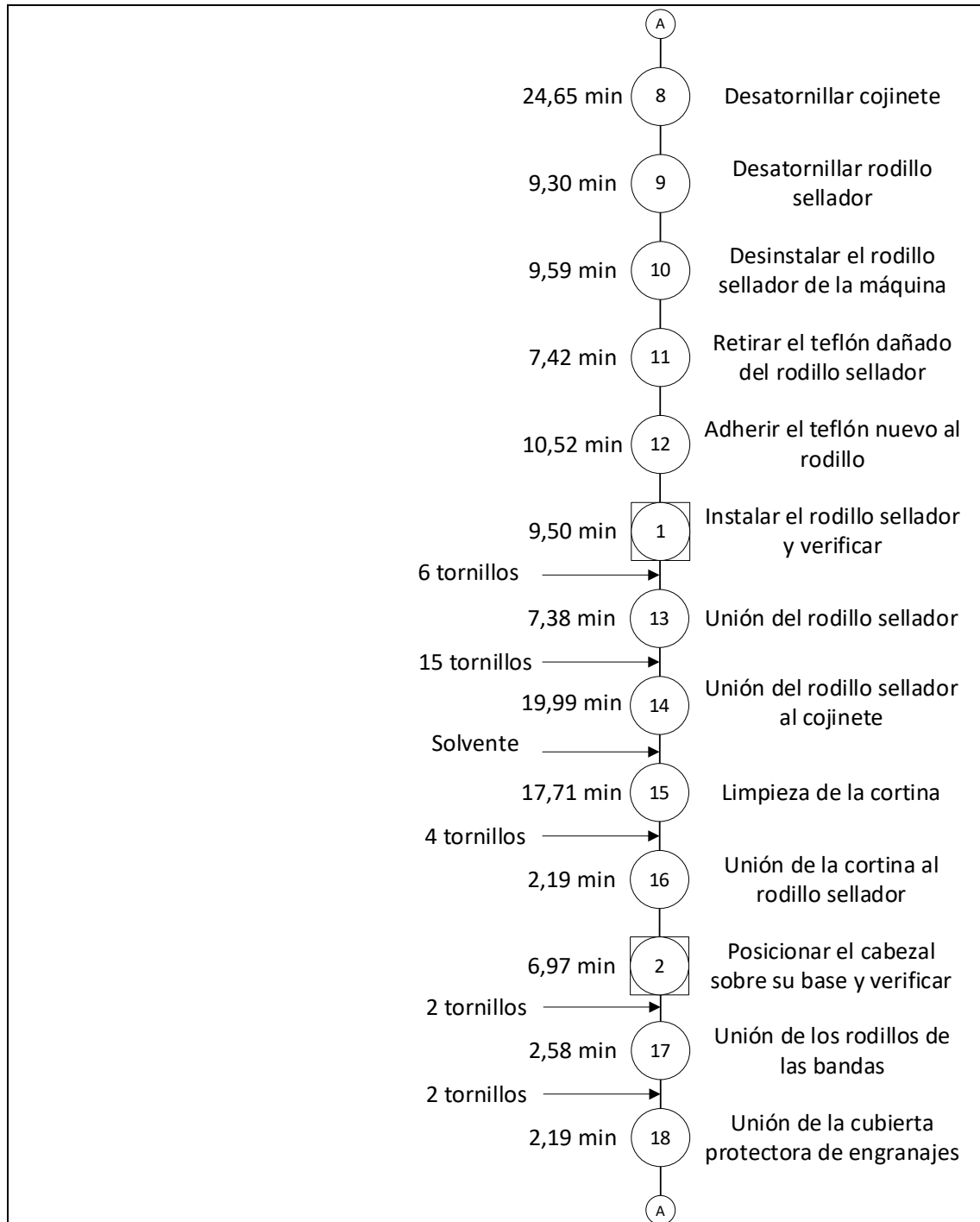
2.2.4.3. Diagrama de flujo

En la figura 18 se presenta el diagrama de flujo para el cambio de teflón para COR-89:

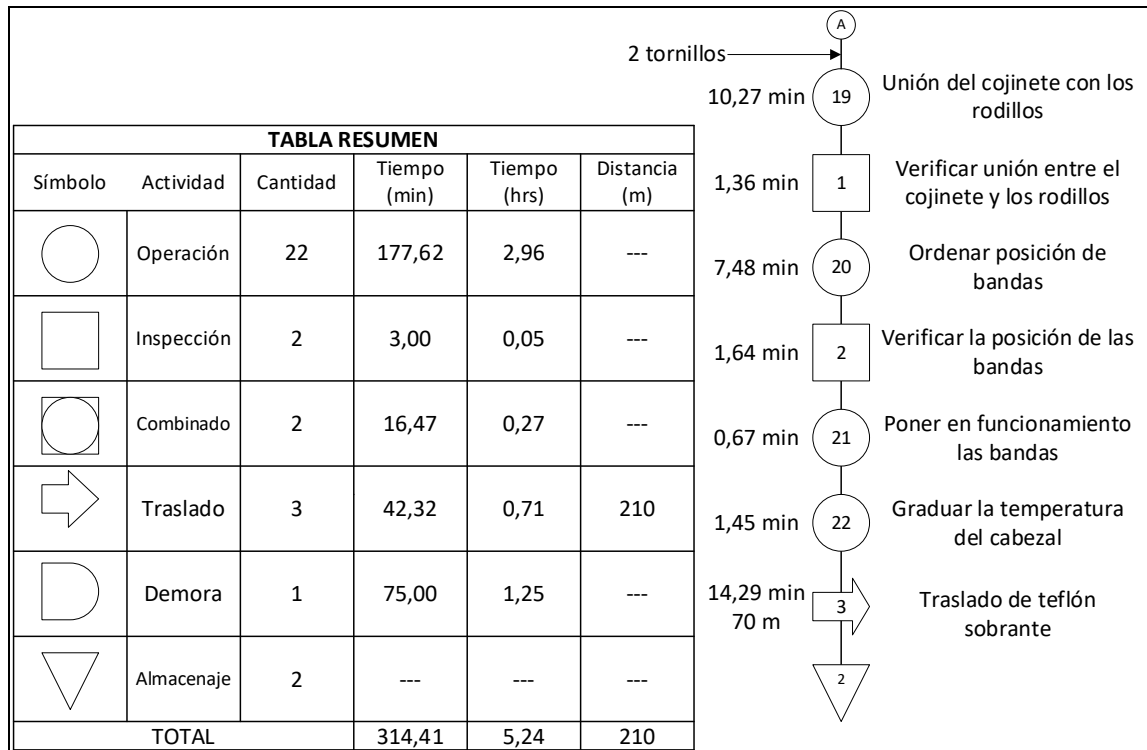
Figura 17. Diagrama de flujo para el cambio de teflón para COR-89



Continuación de la figura 17.



Continuación de la figura 17.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.2.4.4. Eficiencia del proceso

A continuación se muestra el cálculo de la eficiencia del proceso actual para el cambio de teflón para COR-89:

$$Eficiencia\ actual = \frac{tiempo\ total\ diagrama\ de\ operaciones}{tiempo\ total\ diagrama\ de\ flujo} \times 100\ %$$

$$Eficiencia\ actual = \frac{197,07}{314,41} \times 100\ % = 62,93\ %$$

Actualmente este proceso tiene una eficiencia del 62,93 %.

2.2.5. Proceso de cambio de teflón para COR-39, COR-45, COR-46 y COR-76

Como ya se explicó en el proceso anterior, el cambio de teflón se realiza de forma obligatoria al terminar de cuadrar un nuevo material y cuando el operador lo considere necesario.

El cambio de teflón para COR-39, COR-45 y COR-46 se diferencia en muchos aspectos del proceso en la COR-89, ya que en estas máquinas el proceso representa menor tiempo debido que el sistema de desacoplar y ensamblar los engranajes, piezas y partes de protección es más fácil.

Para iniciar con el proceso el operador se dirige a la bodega de repuestos para adquirir el teflón nuevo y la lija, para luego regresar a la máquina y esperar a que el cabezal enfríe. Posteriormente se desinstala y se retira el rodillo sellador para retirar el teflón dañado y adherir el nuevo, lo que da paso a que nuevamente se instale el rodillo sellador y limpiar la cortina. Al posicionar el cabezal y el rodillo se verifica que estén centrados y bien ajustados para iniciar con el funcionamiento de las bandas y con la graduación de la temperatura del cabezal que debe llegar de 160°C a 190°C.

2.2.5.1. Estudio de tiempos

Para el proceso de cambio de teflón en las máquinas COR-39, COR-45, COR-46 y COR-76 se determinó que la cantidad requerida de observaciones era de 7 y, debido a que las tomas iniciales de tiempos fueron 5, fue necesario realizar dos tomas más para garantizar la confiabilidad del estudio.

Tabla XIX. **Registro de tiempos requeridos para el proceso de cambio de teflón en COR-39, COR-45 y COR-46**

Operación	Tiempo cronometrado (minutos)							Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5	6	7	
Traslado a bodega de materia prima	6,21	5,11	5,16	5	6,28	5,09	4,19	5,29
Adquisición del teflón nuevo	2,08	2,14	2,34	2	2,37	1,49	2,29	2,1
Adquisición de lija	2,21	2	1,43	1,49	2,02	2,19	2,29	1,95
Traslado hacia máquina	4,2	7,01	6,08	5,53	5,14	6,48	6	5,78
Espera hasta que se enfríe el cabezal	30	30	30	30	30	30	30	30
Levantar el cabezal de corte	0,97	1	1,2	1,13	0,88	1,73	1,33	1,18
Desatornillar rodillo sellador	10,23	8,23	9,75	9,62	9	10,17	10,03	9,58
Desinstalar el rodillo sellador de la máquina	6,93	7,08	7,58	7,68	8	6,83	7,77	7,41
Retirar el teflón dañado del rodillo sellador	6,85	6,35	7,08	7,52	7,12	8,1	8,02	7,29
Adherir el teflón nuevo al rodillo	8,3	7,38	7,62	8,38	7,65	7,22	8,17	7,82
Instalar el rodillo sellador y verificar que este centrado	5,57	5,48	6,45	6,07	6,9	7,2	5,72	6,2
Unión del rodillo sellador a la máquina	3,23	3,6	2,78	3,73	4,1	3,38	4,02	3,55
Limpieza de la cortina	7,18	7,52	8,75	9,07	8,58	9,25	8,4	8,39
Posicionar el cabezal sobre su base y verificar que este centrado	4,52	5	4,98	5,85	4,38	5,03	5,17	4,99
Unión del cojinete con los rodillos de las bandas	6,35	7,02	7,68	7,13	6,63	7,47	7,57	7,12
Poner en funcionamiento las bandas	0,6	0,72	0,62	0,97	0,9	1,63	1,15	0,94
Graduar la temperatura del cabezal	1,23	1,17	1,15	0,95	1,35	1,57	1,3	1,25
Traslado de teflón sobrante	5,25	6,02	5,62	7,7	6,08	5	6,85	6,07
Tiempo total de ciclo cronometrado								116,91

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XX. **Determinación del tiempo estándar para el proceso de cambio de teflón en COR-39, COR-45 y COR-46**

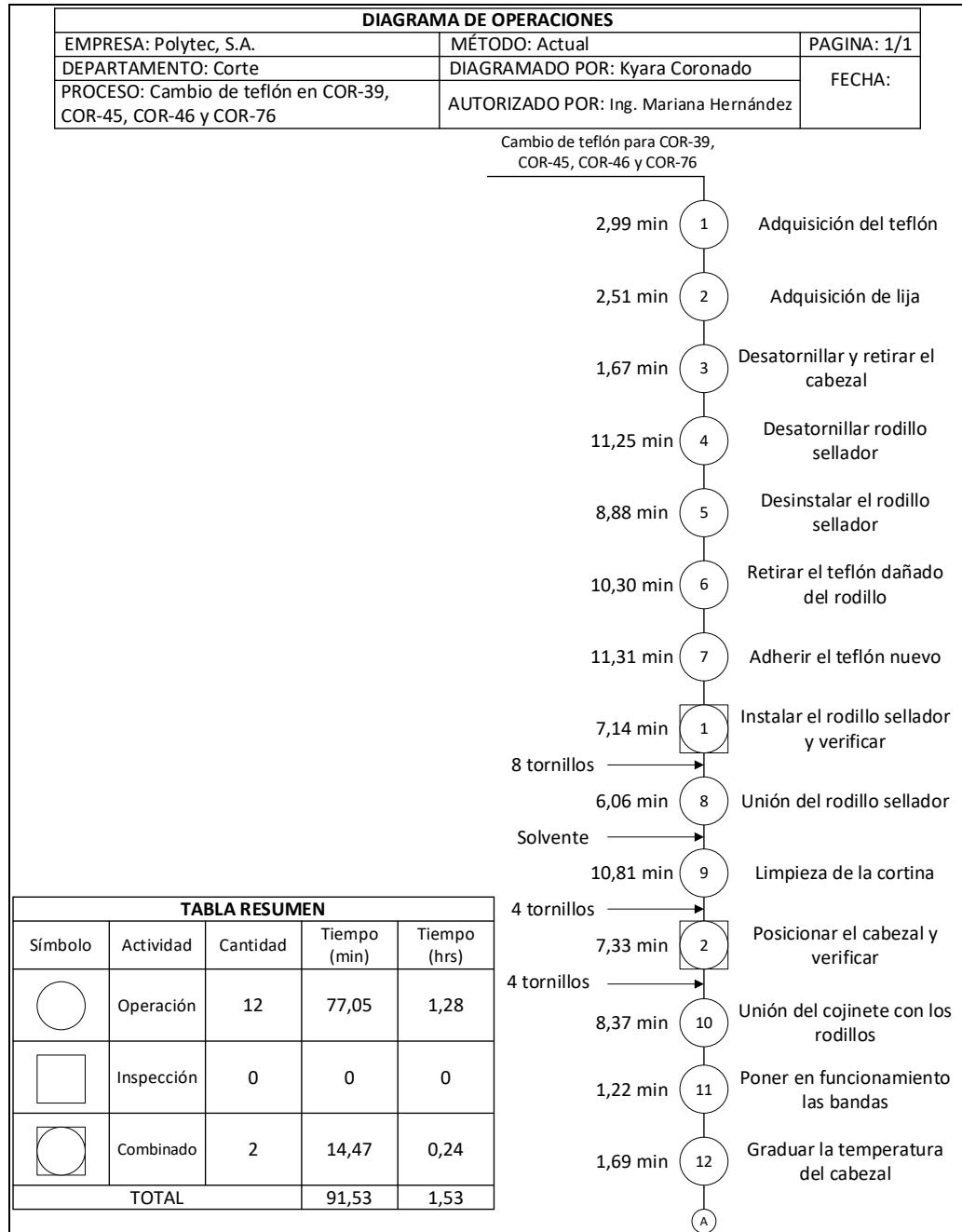
Operación	Tiempo cronometrado (min)	Factor de desempeño	Tiempo normal (min)	Holguras	Tiempo estándar (min)
Traslado a bodega de materia prima	5,29	1,12	5,93	1,13	6,7
Adquisición del teflón nuevo	2,1	1,26	2,65	1,13	2,99
Adquisición de lija	1,95	1,14	2,22	1,13	2,51
Traslado hacia máquina	5,78	1,06	6,12	1,13	6,92
Espera hasta que se enfríe el cabezal	30	--	--	--	30
Desatornillar y retirar el cabezal de corte	1,18	1,25	1,47	1,13	1,67
Desatornillar rodillo sellador	9,58	1,04	9,96	1,13	11,25
Desinstalar el rodillo sellador de la máquina	7,41	1,06	7,86	1,13	8,88
Retirar el teflón dañado del rodillo sellador	7,29	1,25	9,11	1,13	10,3
Adherir el teflón nuevo al rodillo	7,82	1,28	10,01	1,13	11,31
Instalar el rodillo sellador y verificar que este centrado	6,2	1,02	6,32	1,13	7,14
Unión del rodillo sellador a la máquina	3,55	1,51	5,36	1,13	6,06
Limpieza de la cortina	8,39	1,14	9,57	1,13	10,81
Posicionar el cabezal sobre su base y verificar que este centrado	4,99	1,3	6,49	1,13	7,33
Unión del cojinete con los rodillos de las bandas	7,12	1,04	7,41	1,13	8,37
Poner en funcionamiento las bandas	0,94	1,15	1,08	1,13	1,22
Graduar la temperatura del cabezal	1,25	1,2	1,49	1,13	1,69
Traslado de teflón sobrante	6,07	1,14	6,92	1,13	7,82
Tiempo estándar total					142,97

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.2.5.2. Diagrama de operaciones

En la figura 19 se presenta el diagrama de operaciones para el cambio de teflón para COR-39, COR-45 y COR-46.

Figura 18. Diagrama de operaciones para el cambio de teflón para COR-39, COR-45, COR-46 y COR-79

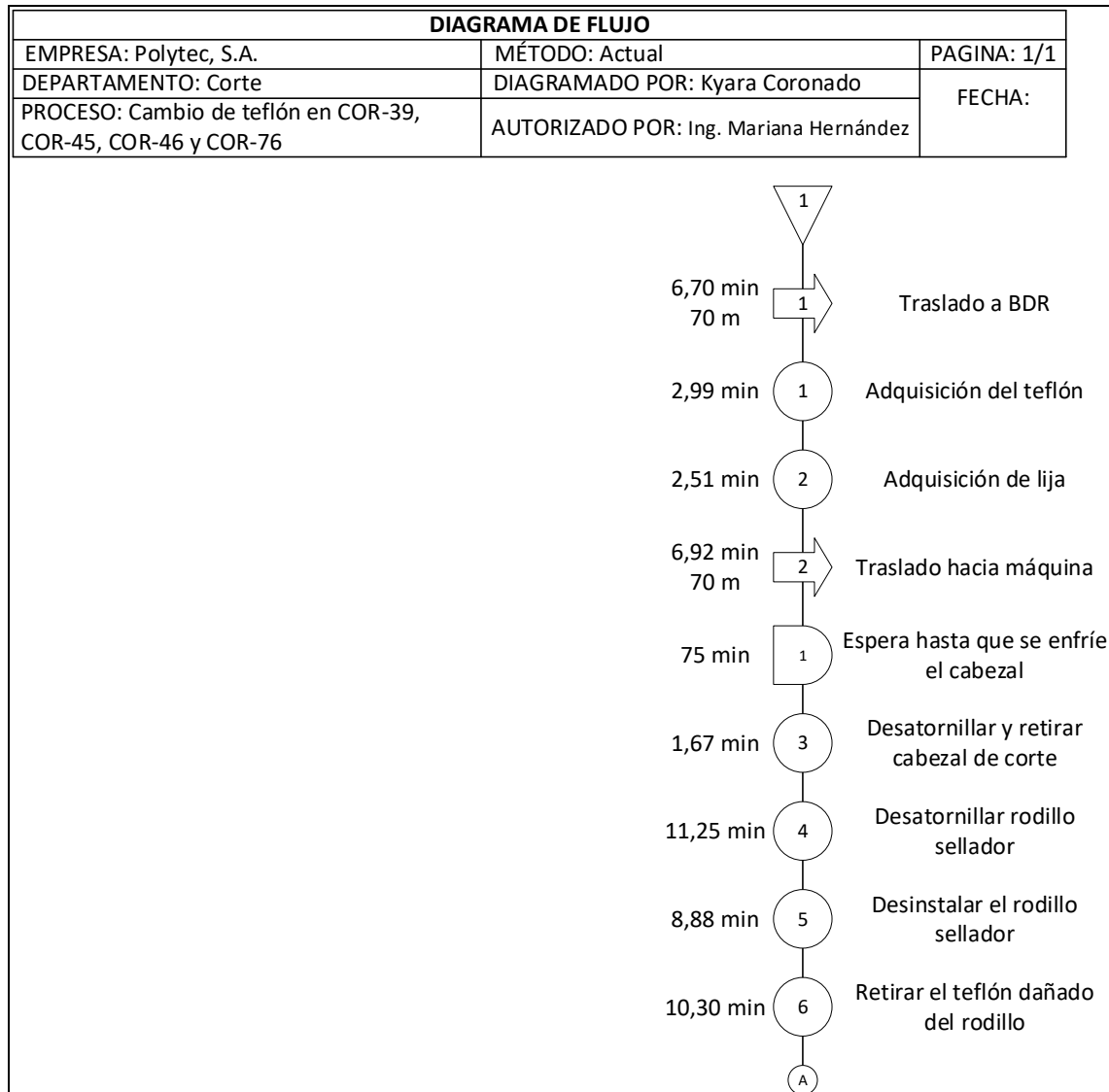


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

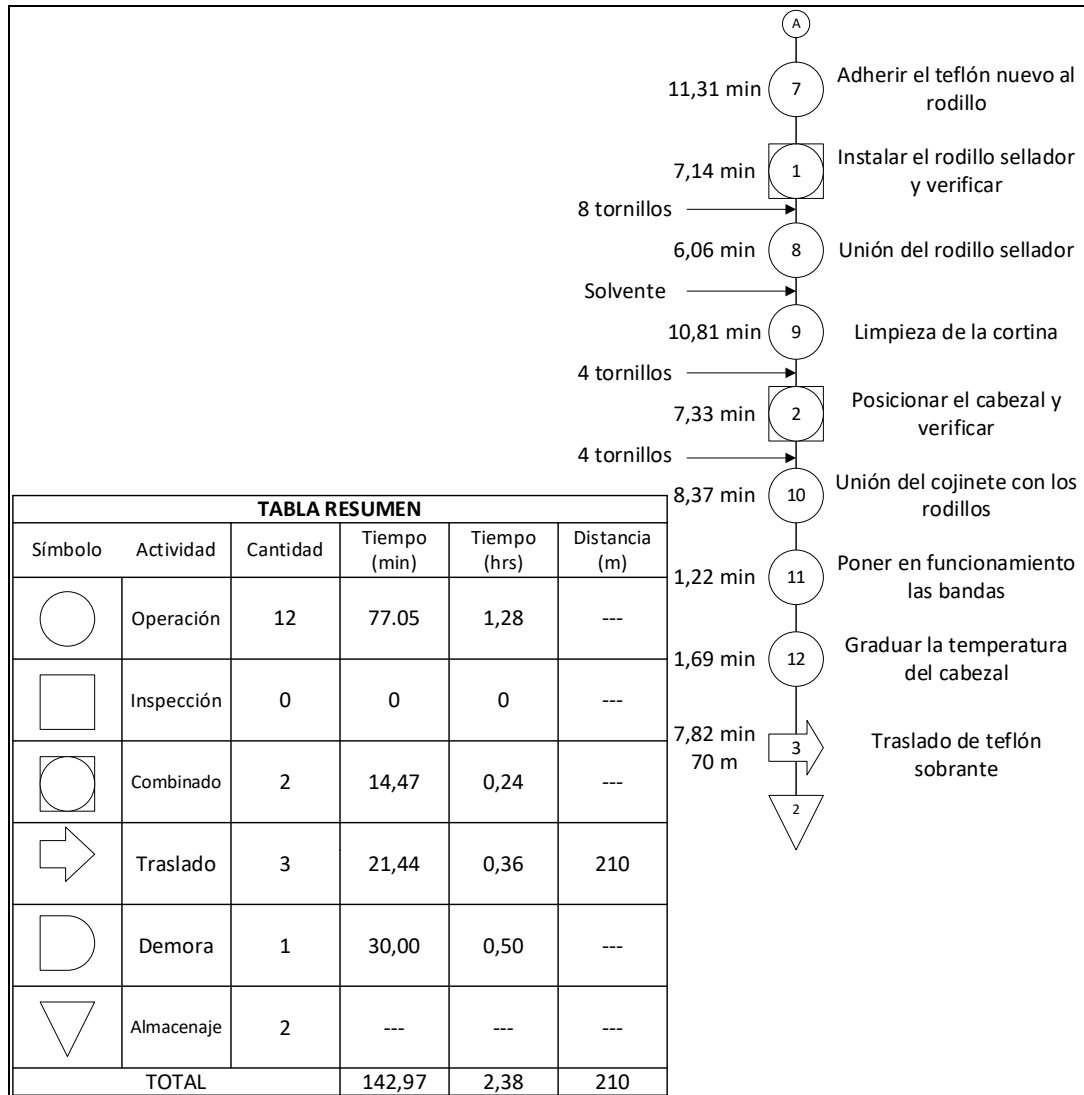
2.2.5.3. Diagrama de flujo

En la figura 20 se presenta el diagrama de flujo para el cambio de teflón para COR-39, COR-45 y COR-46.

Figura 19. **Diagrama de flujo para el cambio de teflón para COR-39, COR-45, COR-46 y COR-79**



Continuación de la figura 19.



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio.

2.2.5.4. Eficiencia del proceso

A continuación se muestra el cálculo de la eficiencia del proceso actual para el cambio de teflón para COR-39, COR-45, COR-46 y COR-76.

$$Eficiencia\ actual = \frac{tiempo\ total\ diagrama\ de\ operaciones}{tiempo\ total\ diagrama\ de\ flujo} \times 100\ \%$$

$$Eficiencia\ actual = \frac{91,53}{142,97} \times 100\ \% = 64,02\ \%$$

Actualmente este proceso tiene una eficiencia del 64,02 %.

2.2.6. Proceso de empaque para la familia 1

Para el proceso de empaque de la familia 1 es necesario contar con dos operadores en cada máquina (un operador y un ayudante), es decir, una persona por cada línea de producción, tomando en cuenta que las cortadoras de sello lateral cuentan con dos líneas de producción. Esto se debe a que los paquetes de 250 piezas deben ser perforados manualmente con un cautín, por lo que un solo operador con las dos líneas no se daría abasto para llevar a cabo el trabajo.

De igual forma, el empaquetado primario, como ya se mencionó, se realiza por cada 250 piezas, mientras que el empaque secundario, al que de ahora en adelante se le llamará fardo, cuenta con 3 000 piezas, es decir, 12 paquetes de 250 unidades.

2.2.6.1. Estudio de tiempos

De acuerdo con la tabla V, para el proceso con perforación, es decir la familia 1, la cantidad requerida de observaciones para asegurar la confiabilidad del estudio de tiempos es de 10, por lo tanto, se llevaron a cabo 5 tomas de tiempos más.

Tabla XXI. **Registro de tiempos requeridos para el proceso de empaque para la familia 1**

Operación	Tiempo cronometrado (minutos)										Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Trasladarse hacia panel de comandos	0,15	0,08	0,17	0,12	0,13	0,15	0,12	0,17	0,07	0,08	0,12
Accionar funcionamiento de máquina	0,15	0,25	0,18	0,17	0,13	0,13	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15
Toma y ordena paquetito no. 1 (125 pcs)	0,38	0,4	0,38	0,32	0,42	0,32	0,4	0,38	0,52	0,43	0,4
Toma y ordena paquetito no. 2 (125 pcs)	0,42	0,43	0,47	0,33	0,43	0,45	0,42	0,4	0,43	0,47	0,43
Perforar con cautín	0,32	0,33	0,25	0,22	0,22	0,18	0,32	0,25	0,28	0,28	0,27
Empaquetar	0,28	0,3	0,27	0,25	0,3	0,32	0,3	0,25	0,3	0,27	0,28
Toma y ordena paquetito no. 3 (125 pcs)	0,38	0,4	0,38	0,32	0,42	0,32	0,4	0,38	0,52	0,43	0,4
Toma y ordena paquetito no. 4 (125 pcs)	0,42	0,43	0,47	0,33	0,43	0,45	0,42	0,4	0,43	0,47	0,43
Perforar con cautín	0,32	0,33	0,25	0,22	0,22	0,18	0,32	0,25	0,28	0,28	0,27
Empaquetar	0,28	0,3	0,27	0,25	0,3	0,32	0,3	0,25	0,30	0,27	0,28
Toma y ordena paquetito no. 5 (125 pcs)	0,38	0,4	0,38	0,32	0,42	0,32	0,4	0,38	0,52	0,43	0,4
Toma y ordena paquetito no. 6 (125 pcs)	0,42	0,43	0,47	0,33	0,43	0,45	0,42	0,4	0,43	0,47	0,43
Perforar con cautín	0,32	0,33	0,25	0,22	0,22	0,18	0,32	0,25	0,28	0,28	0,27
Empaquetar	0,28	0,3	0,27	0,25	0,3	0,32	0,3	0,25	0,3	0,27	0,28
Toma y ordena paquetito no. 7 (125 pcs)	0,38	0,4	0,38	0,32	0,42	0,32	0,4	0,38	0,52	0,43	0,4
Toma y ordena paquetito no. 8 (125 pcs)	0,42	0,43	0,47	0,33	0,43	0,45	0,42	0,4	0,43	0,47	0,43
Perforar con cautín	0,32	0,33	0,25	0,22	0,22	0,18	0,32	0,25	0,28	0,28	0,27
Empaquetar	0,28	0,3	0,27	0,25	0,3	0,32	0,3	0,25	0,3	0,27	0,28
Toma y ordena paquetito no. 9 (125 pcs)	0,38	0,4	0,38	0,32	0,42	0,32	0,4	0,38	0,52	0,43	0,4
Toma y ordena paquetito no. 10 (125 pcs)	0,42	0,43	0,47	0,33	0,43	0,45	0,42	0,4	0,43	0,47	0,43

Continuación de la tabla XXI.

Perforar con cautín	0,32	0,33	0,25	0,22	0,22	0,18	0,32	0,25	0,28	0,28	0,27
Empaquetar	0,28	0,3	0,27	0,25	0,3	0,32	0,3	0,25	0,3	0,27	0,28
Toma y ordena paquetito no. 11 (125 pcs)	0,38	0,4	0,38	0,32	0,42	0,32	0,4	0,38	0,52	0,43	0,4
Toma y ordena paquetito no. 12 (125 pcs)	0,42	0,43	0,47	0,33	0,43	0,45	0,42	0,4	0,43	0,47	0,43
Perforar con cautín	0,32	0,33	0,25	0,22	0,22	0,18	0,32	0,25	0,28	0,28	0,27
Empaquetar	0,28	0,3	0,27	0,25	0,3	0,32	0,3	0,25	0,3	0,27	0,28
Trasladarse hacia panel de comandos	0,2	0,08	0,12	0,12	0,13	0,18	0,12	0,13	0,07	0,08	0,12
Apagar la máquina	0,1	0,08	0,07	0,08	0,12	0,05	0,07	0,07	0,2	0,05	0,09
Ordenar y sellar fardo	1,3	1,55	1,17	1,37	1,33	1,3	1,28	1,32	1,42	1,43	1,35
Trasladar fardo	0,2	0,1	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,13	0,1	0,08	0,12
Tiempo total de ciclo cronometrado											10,19

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para el proceso de producción de la familia 1 se definieron los siguientes valores para el tiempo cronometrado: factor de desempeño, tiempo normal, porcentaje de holgura y tiempo estándar. En la tabla XXII se agregan los tiempos en que la máquina corta las 125 piezas que el operador necesita para empaquetar, por lo tanto se mantiene sin realizar ninguna actividad de producción.

Tabla XXII. **Determinación del tiempo estándar para el proceso de empaque para la familia 1**

Operación	Tiempo cronometrado (min)	Factor de desempeño	Tiempo normal (min)	Holguras	Tiempo estándar (min)
Trasladarse hacia panel de comandos	0,12	1,13	0,14	1,15	0,16
Accionar funcionamiento de máquina	0,15	1,05	0,16	1,15	0,18
Máquina corta 125 piezas	0,5	--	--	--	0,5
Toma y ordena paquetito no. 1 (125 pcs)	0,4	1,03	0,41	1,15	0,47
Máquina corta 125 piezas	0,5	--	--	--	0,5

Continuación de la tabla XXII.

Toma y ordena paquetito no. 2 (125 pcs)	0,43	1,03	0,44	1,15	0,5
Perforar con cautín	0,27	0,99	0,26	1,15	0,3
Empaquetar	0,28	1,1	0,31	1,15	0,36
Máquina corta 125 piezas	0,58	--	--	--	0,58
Toma y ordena paquetito no. 3 (125 pcs)	0,4	1,03	0,41	1,15	0,47
Máquina corta 125 piezas	0,37	--	--	--	0,37
Toma y ordena paquetito no. 4 (125 pcs)	0,43	1,03	0,44	1,15	0,5
Perforar con cautín	0,27	0,99	0,26	1,15	0,3
Empaquetar	0,28	1,1	0,31	1,15	0,16
Máquina corta 125 piezas	0,4	--	--	--	0,4
Toma y ordena paquetito no. 5 (125 pcs)	0,4	1,03	0,41	1,15	0,47
Máquina corta 125 piezas	0,47	--	--	--	0,47
Toma y ordena paquetito no. 6 (125 pcs)	0,43	1,03	0,44	1,15	0,47
Perforar con cautín	0,27	0,99	0,26	1,15	0,5
Empaquetar	0,28	1,1	0,31	1,15	0,36
Máquina corta 125 piezas	0,5	--	--	--	0,5
Toma y ordena paquetito no. 7 (125 pcs)	0,4	1,03	0,41	1,15	0,47
Máquina corta 125 piezas	0,5	--	--	--	0,5
Toma y ordena paquetito no. 8 (125 pcs)	0,43	1,03	0,44	1,15	0,5
Perforar con cautín	0,27	0,99	0,26	1,15	0,3
Empaquetar	0,28	1,1	0,31	1,15	0,36
Máquina corta 125 piezas	0,58	--	--	--	0,58
Toma y ordena paquetito no. 9 (125 pcs)	0,4	1,03	0,41	1,15	0,47
Máquina corta 125 piezas	0,37	--	--	--	0,37
Toma y ordena paquetito no. 10 (125 pcs)	0,43	1,03	0,44	1,15	0,5
Perforar con cautín	0,27	0,99	0,26	1,15	0,3
Empaquetar	0,28	0,1	0,31	1,15	0,36
Máquina corta 125 piezas	0,4	--	--	--	0,4
Toma y ordena paquetito no. 11 (125 pcs)	0,4	1,03	0,41	1,15	0,47
Máquina corta 125 piezas	0,47	--	--	--	0,47
Toma y ordena paquetito no. 12 (125 pcs)	0,43	1,03	0,44	1,15	0,5
Perforar con cautín	0,27	0,99	0,26	1,15	0,3
Empaquetar	0,28	1,1	0,31	1,15	0,36
Trasladarse hacia panel de comandos	0,12	1,13	0,14	1,15	0,47

Continuación de la tabla XXII.

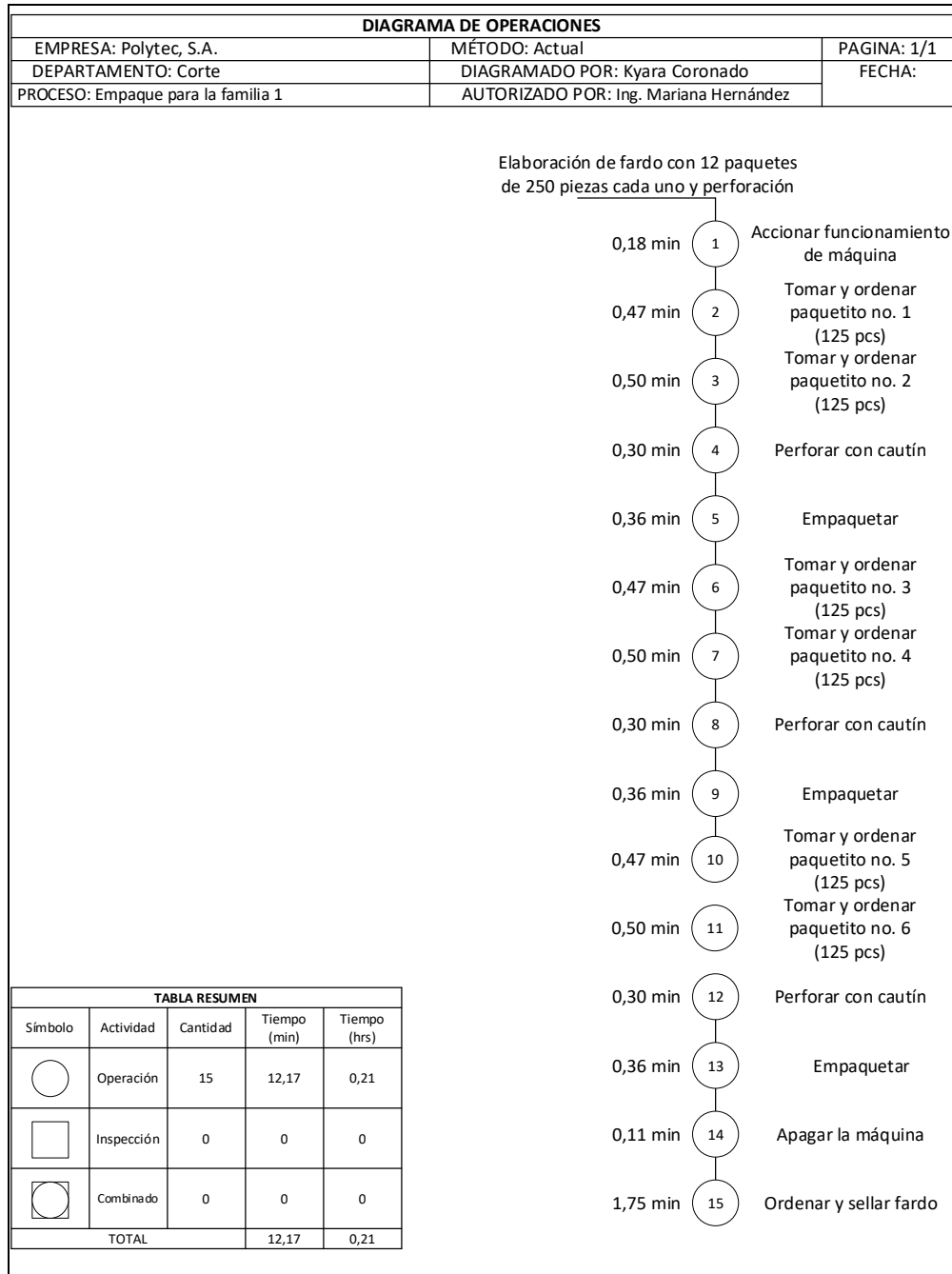
Apagar la máquina	0,09	1,05	0,09	1,15	0,5
Ordenar y sellar fardo	1,35	1,13	1,52	1,15	0,3
Trasladar fardo	0,12	1,13	0,14	1,15	0,36
Tiempo estándar total					17,98

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.2.6.2. Diagrama de operaciones

En la figura 21 se presenta el diagrama de operaciones para el proceso de empaque para la familia 1, en el cual se forma un fardo que necesita 12 paquetes de 250 unidades cada uno. En el diagrama se presenta de la operación 2 a la 13, la formación de 6 paquetes de 250 unidades, por lo tanto, para cumplir con los 12 paquetes, antes de proceder a la operación 14 se deben llevar a cabo nuevamente las operaciones de la 2 a la 13 y esto a su vez provoca que se duplique el tiempo de estas (se verá reflejado en la sumatoria de tiempos de los diagramas de operaciones y de flujo).

Figura 20. Diagrama de operaciones para el proceso de empaque para la familia 1

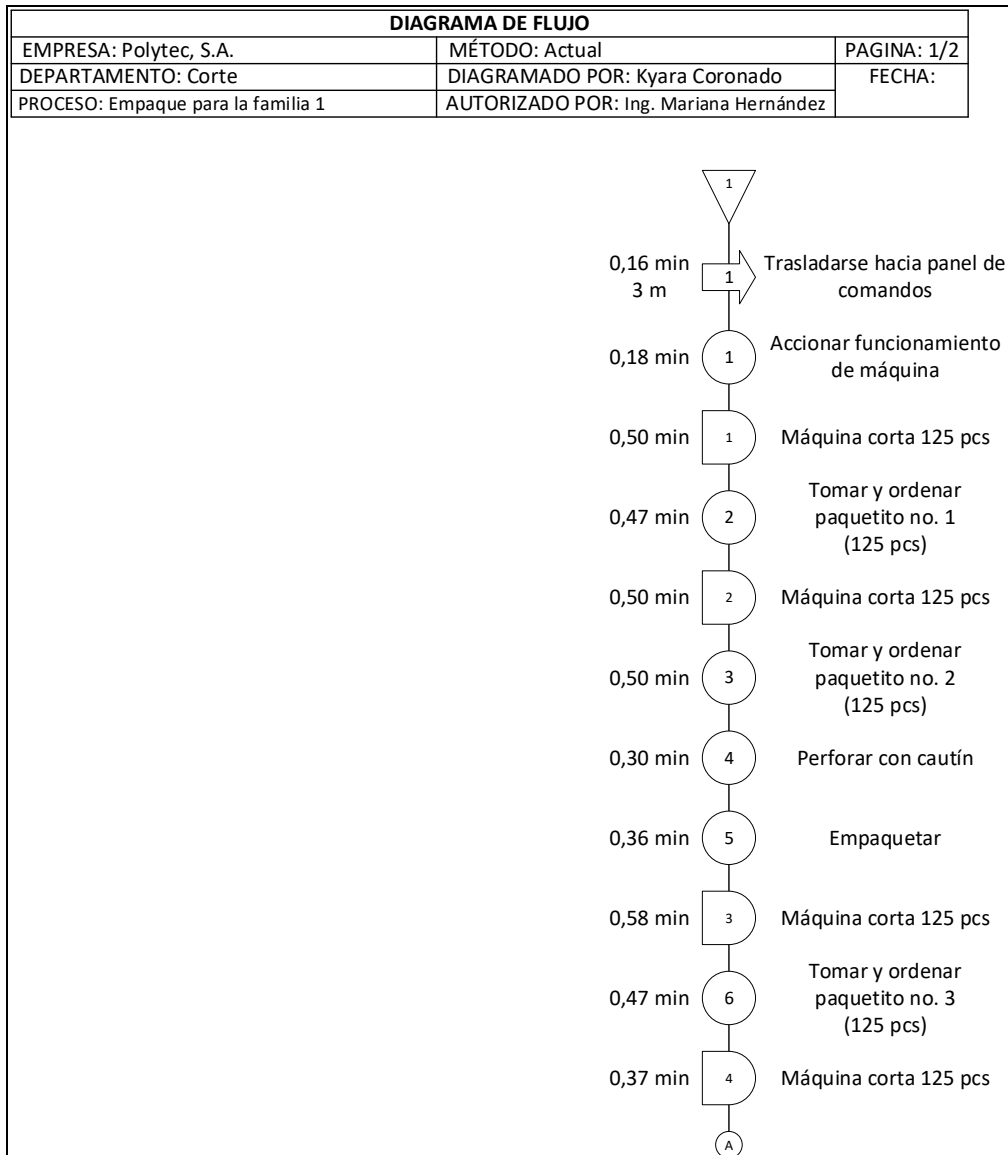


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

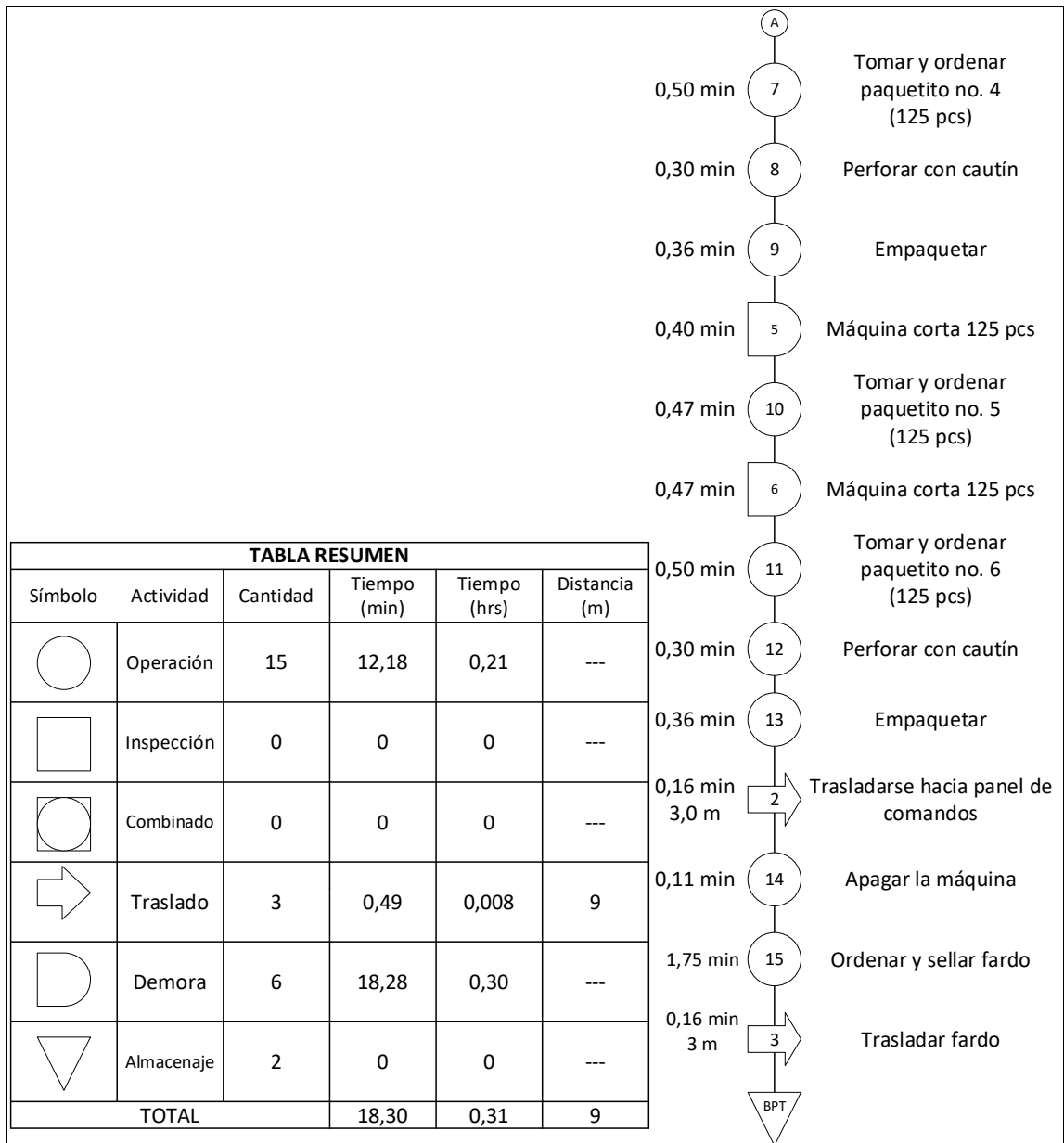
2.2.6.3. Diagrama de flujo

En la figura 22 se presenta el diagrama de flujo para el proceso de empaque para la familia 1.

Figura 21. **Diagrama de flujo para el proceso de empaque para la familia 1**



Continuación de la figura 21.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.2.6.4. Eficiencia del proceso

A continuación se muestra el cálculo de la eficiencia del proceso actual para familia 1: proceso de empaque con perforación:

$$\text{Eficiencia actual} = \frac{\text{tiempo total diagrama de operaciones}}{\text{tiempo total diagrama de flujo}} \times 100 \%$$
$$\text{Eficiencia actual} = \frac{12,17}{18,30} \times 100 \% = 66,50 \%$$

Actualmente, este proceso tiene una eficiencia del 66,50 %.

2.2.7. Proceso de empaque para la familia 2

La familia 2 en el proceso de empaque se diferencia principalmente porque no se deben efectuar las perforaciones manuales con el cautín, únicamente, al momento en que la máquina corta las piezas requeridas, se procede con el empaque primario de 100 piezas, para luego continuar con el empaque secundario que contiene 500 unidades y se finaliza con la realización del fardo de 2 500 unidades.

Durante este proceso, de igual forma, se utilizan las dos líneas de producción de cada máquina de sello lateral, pero al no contar con la perforación manual, un operador puede ejecutar el trabajo perfectamente con dicha cantidad de líneas de producción.

2.2.7.1. Estudio de tiempos

De acuerdo con la tabla V, para el proceso de empaque para la familia 2 la cantidad requerida de observaciones para asegurar la confiabilidad del estudio de tiempos es de 10, por lo tanto, se llevaron a cabo 5 tomas de tiempos más.

Tabla XXIII. **Registro de tiempos requeridos para el proceso de empaque de la familia 2**

Operación	Tiempo cronometrado (minutos)										Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Trasladarse hacia panel de comandos	0,17	0,12	0,15	0,12	0,13	0,15	0,18	0,1	0,12	0,1	0,13
Accionar funcionamiento de máquina	0,1	0,23	0,18	0,18	0,13	0,13	0,15	0,1	0,17	0,15	0,15
Formar paquetito no. 1 y 2	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Formar paquetito no. 3 y 4	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Formar paquetito no. 5 y 6	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Empaquetar 500 piezas	0,35	0,4	0,52	0,42	0,47	0,38	0,45	0,42	0,38	0,5	0,43
Formar paquetito no. 7 y 8	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Formar paquetito no. 9 y 10	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Empaquetar 500 piezas	0,35	0,4	0,52	0,42	0,47	0,38	0,45	0,42	0,38	0,5	0,43
Formar paquetito no. 11 y 12	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Formar paquetito no. 12 y 14	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Formar paquetito no. 15 y 16	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Empaquetar 500 piezas	0,35	0,4	0,52	0,42	0,47	0,38	0,45	0,42	0,38	0,5	0,43
Formar paquetito no. 17 y 18	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Formar paquetito no. 19 y 20	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53

Continuación de la tabla XXIII.

Empaquetar 500 piezas	0,35	0,4	0,52	0,42	0,47	0,38	0,45	0,42	0,38	0,5	0,43
Formar paquetito no. 21 y 22	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Formar paquetito no. 23 y 24	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Formar paquetito no. 25 y 26	0,42	0,57	0,53	0,57	0,55	0,6	0,53	0,45	0,48	0,55	0,53
Empaquetar 500 piezas	0,35	0,4	0,52	0,42	0,47	0,38	0,45	0,42	0,38	0,5	0,43
Trasladarse hacia panel de comandos	0,13	0,12	0,17	0,13	0,1	0,18	0,18	0,12	0,1	0,1	0,13
Apagar la máquina	0,08	0,1	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,1	0,13	0,08	0,09
Ordenar y sellar fardo	0,68	0,73	0,67	0,57	0,77	0,6	0,75	0,65	0,62	0,63	0,67
Trasladar fardo	0,08	0,1	0,1	0,13	0,12	0,1	0,1	0,12	0,1	0,08	0,1
Tiempo total de ciclo cronometrado											10,27

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para el proceso de producción de la familia 2 se definieron los siguientes valores para el tiempo cronometrado: factor de desempeño, tiempo normal, porcentaje de holgura y tiempo estándar. En la tabla XXIV se agregan los tiempos en que la máquina corta las 125 piezas que el operador necesita para empaquetar, por lo tanto se mantiene sin realizar ninguna actividad de producción.

Tabla XXIV. **Determinación del tiempo estándar para el proceso de empaque de la familia 2**

Operación	Tiempo cronometrado (min)	Factor de desempeño	Tiempo normal (min)	Holgura	Tiempo estándar (min)
Trasladarse hacia panel de comandos	0,13	1,06	0,14	1,15	0,16
Accionar funcionamiento de máquina	0,15	1,21	0,19	1,15	0,22
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 1 y 2	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 3 y 4	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7

Continuación de la tabla XXIV.

Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 5 y 6	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Empaquetar 500 piezas	0,43	1,05	0,45	1,15	0,52
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 7 y 8	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 9 y 10	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Empaquetar 500 piezas	0,43	1,05	0,45	1,15	0,52
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 11 y 12	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 12 y 14	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 15 y 16	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Empaquetar 500 piezas	0,43	1,05	0,45	1,15	0,52
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 17 y 18	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 19 y 20	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Empaquetar 500 piezas	0,43	1,05	0,45	1,15	0,52
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 21 y 22	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 23 y 24	0,53	1,16	0,61	1,15	0,7
Máquina corta 200 piezas	0,39	--	--	--	0,39
Formar paquetito no. 25 y 26	0,53	1,16	0,61	1,15	0,52
Empaquetar 500 piezas	0,43	1,05	0,45	1,15	0,7
Trasladarse hacia panel de comandos	0,13	1,06	0,14	1,15	0,7
Apagar la máquina	0,09	1,21	0,1	1,15	0,7
Ordenar y sellar fardo	0,67	1,07	0,71	1,15	0,52
Trasladar fardo	0,1	1,15	0,12	1,15	0,14
Tiempo estándar total					18,4

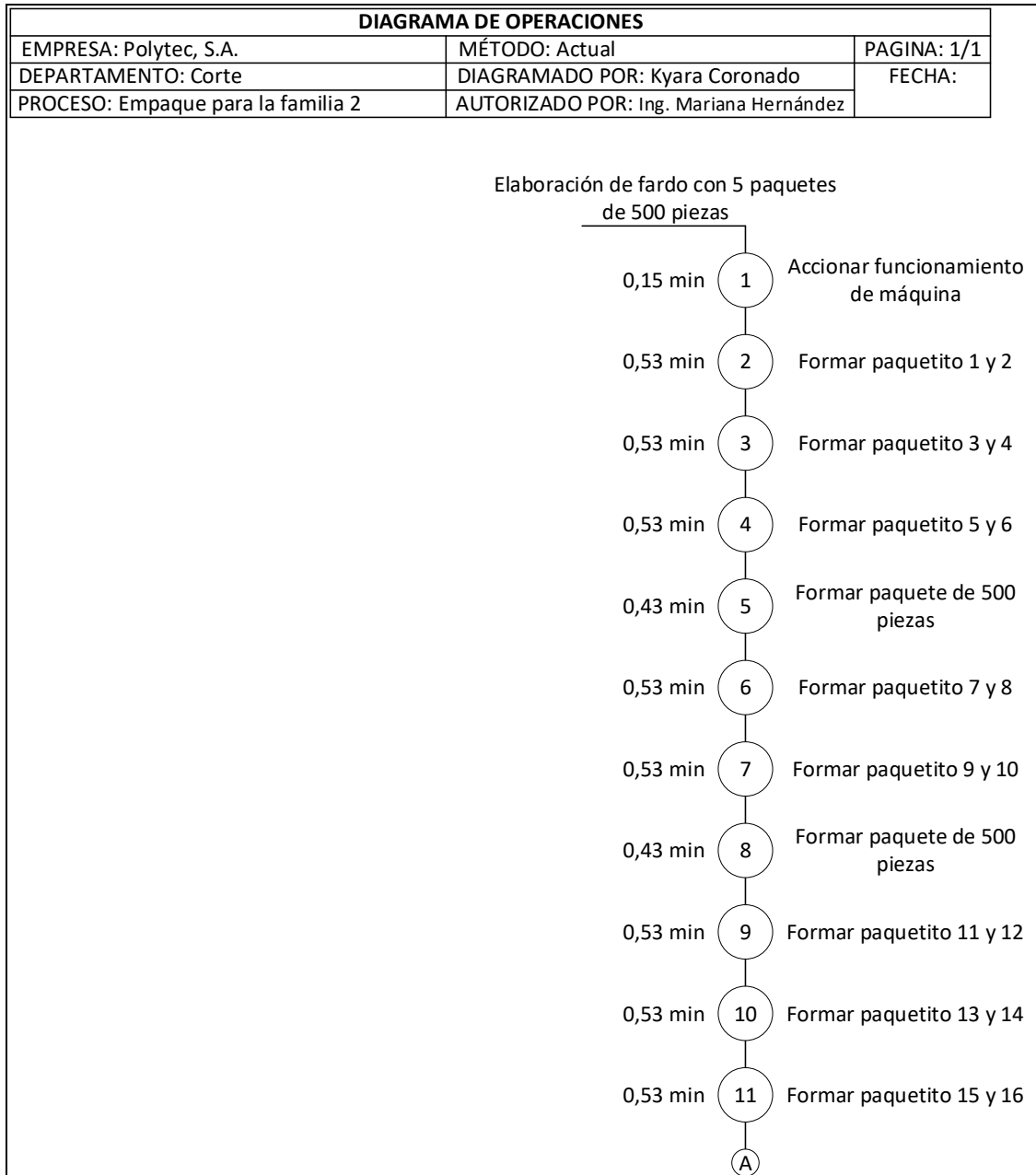
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.2.7.2. Diagrama de operaciones

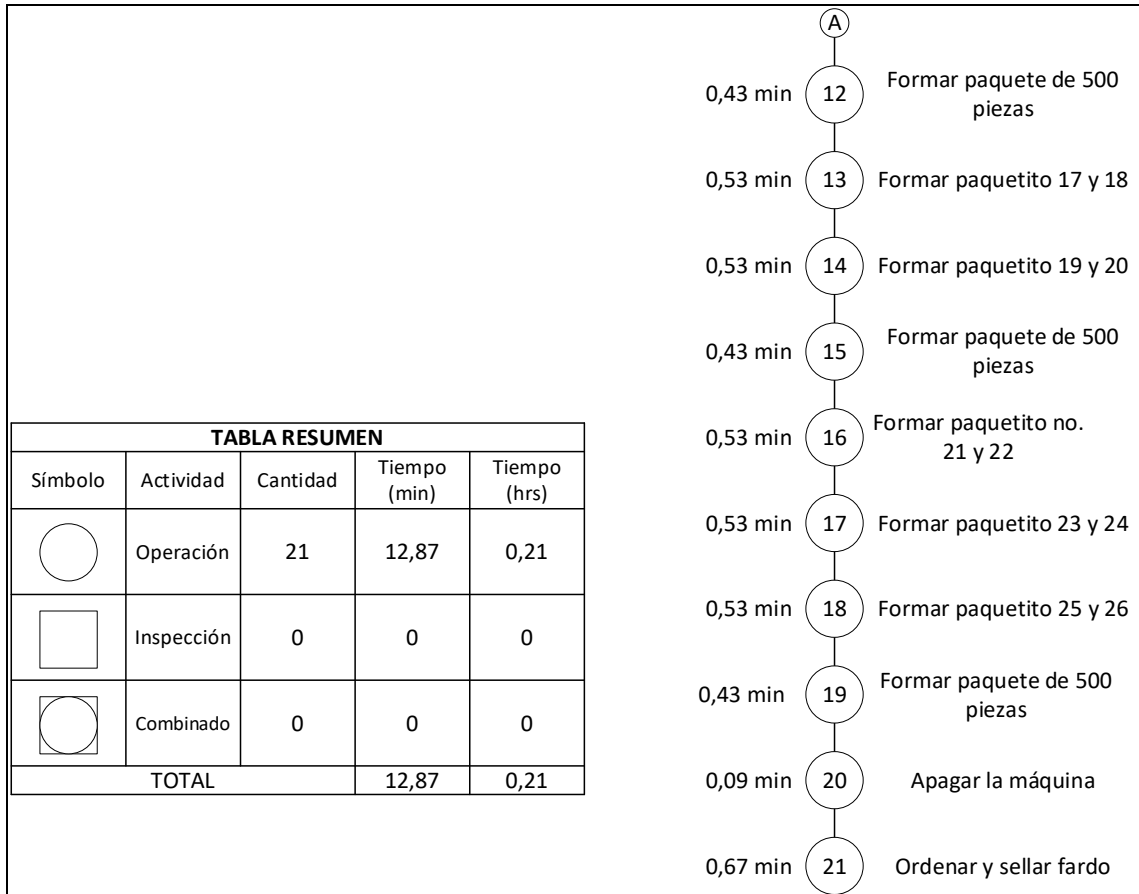
En la figura 23 se presenta el diagrama de procesos para familia 2: proceso de empaque sin perforación.

En la figura 23 se presenta el diagrama de operaciones para el proceso de empaque para la familia 2, en el cual se forma un fardo (2 500 unidades) que necesita 5 paquetes de 500 unidades cada uno y estos a su vez se separan en 5 paquetitos de 100 piezas. En el diagrama se presenta, de la operación 2 a la 4, la formación de seis paquetitos de 100 unidades, por lo tanto, se puede realizar un paquete de 500 piezas. El paquetito que no se contiene en dicho paquete se queda a la espera de los otros cuatro paquetitos de las operaciones 6 y 7 para formar nuevamente otro de 500 piezas.

Figura 22. Diagrama de operaciones para el proceso de empaque para la familia 2



Continuación de la figura 22.

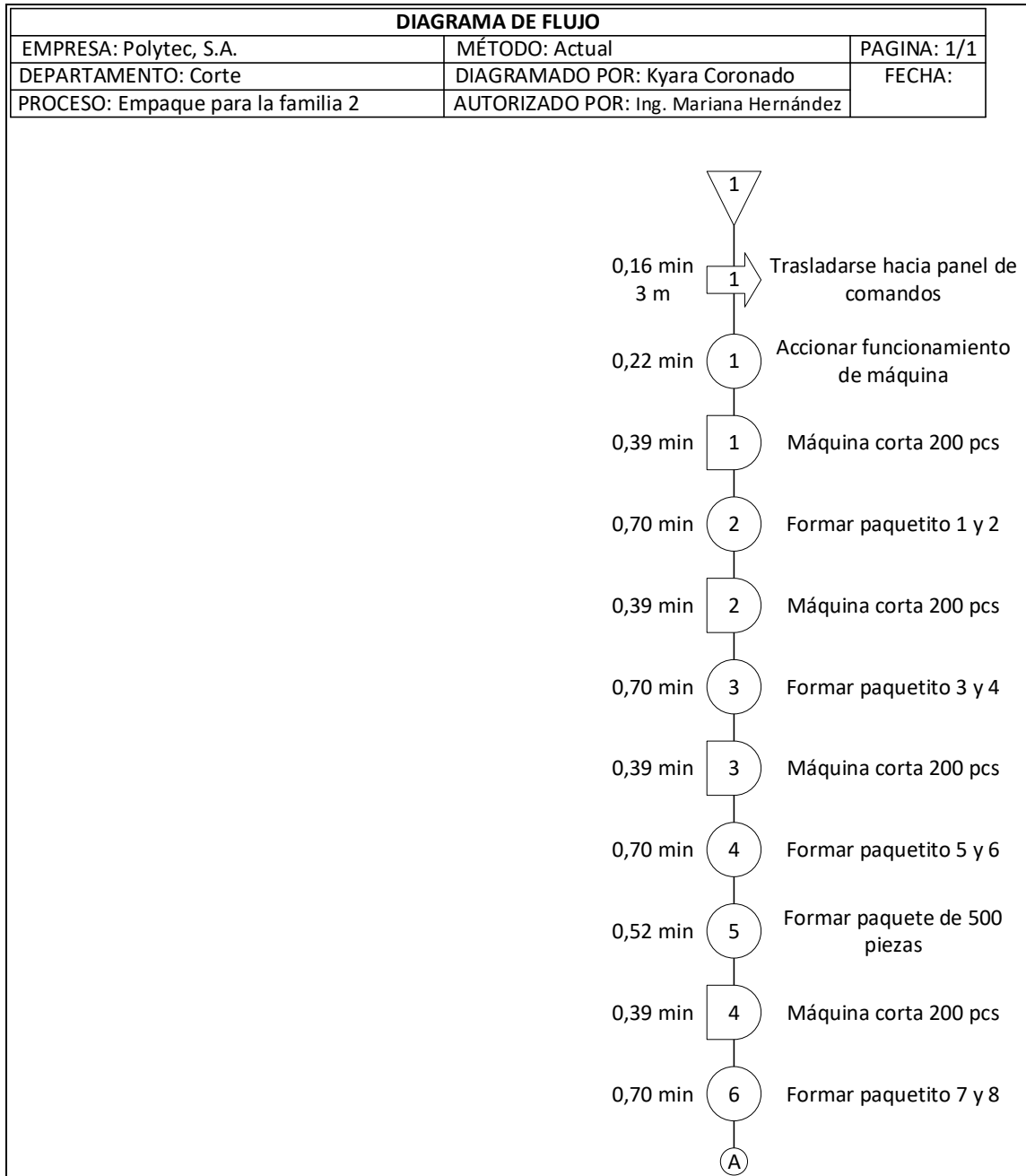


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

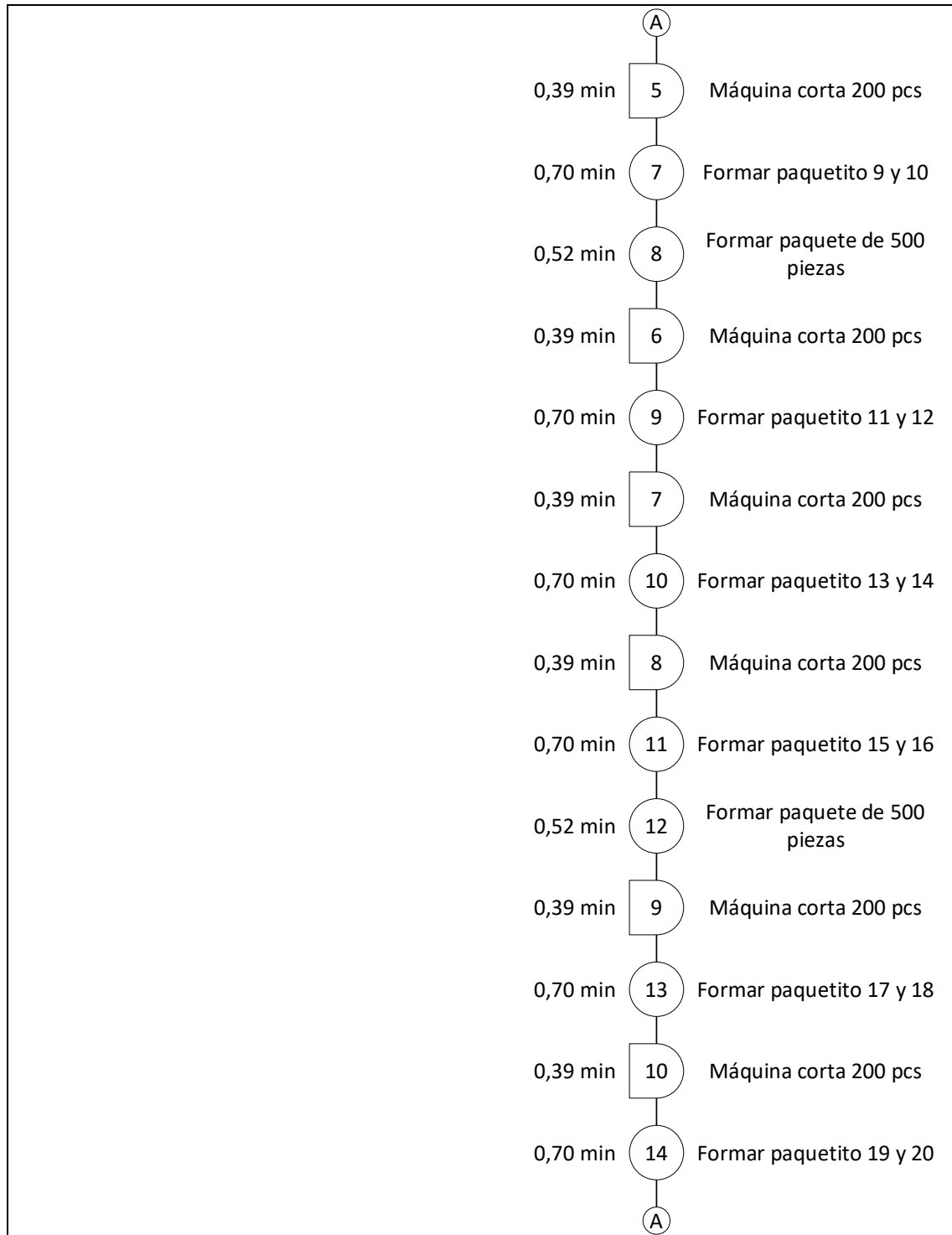
2.2.7.3. Diagrama de flujo

En la figura 25 se presenta el diagrama de flujo para el proceso de empaque para la familia 2:

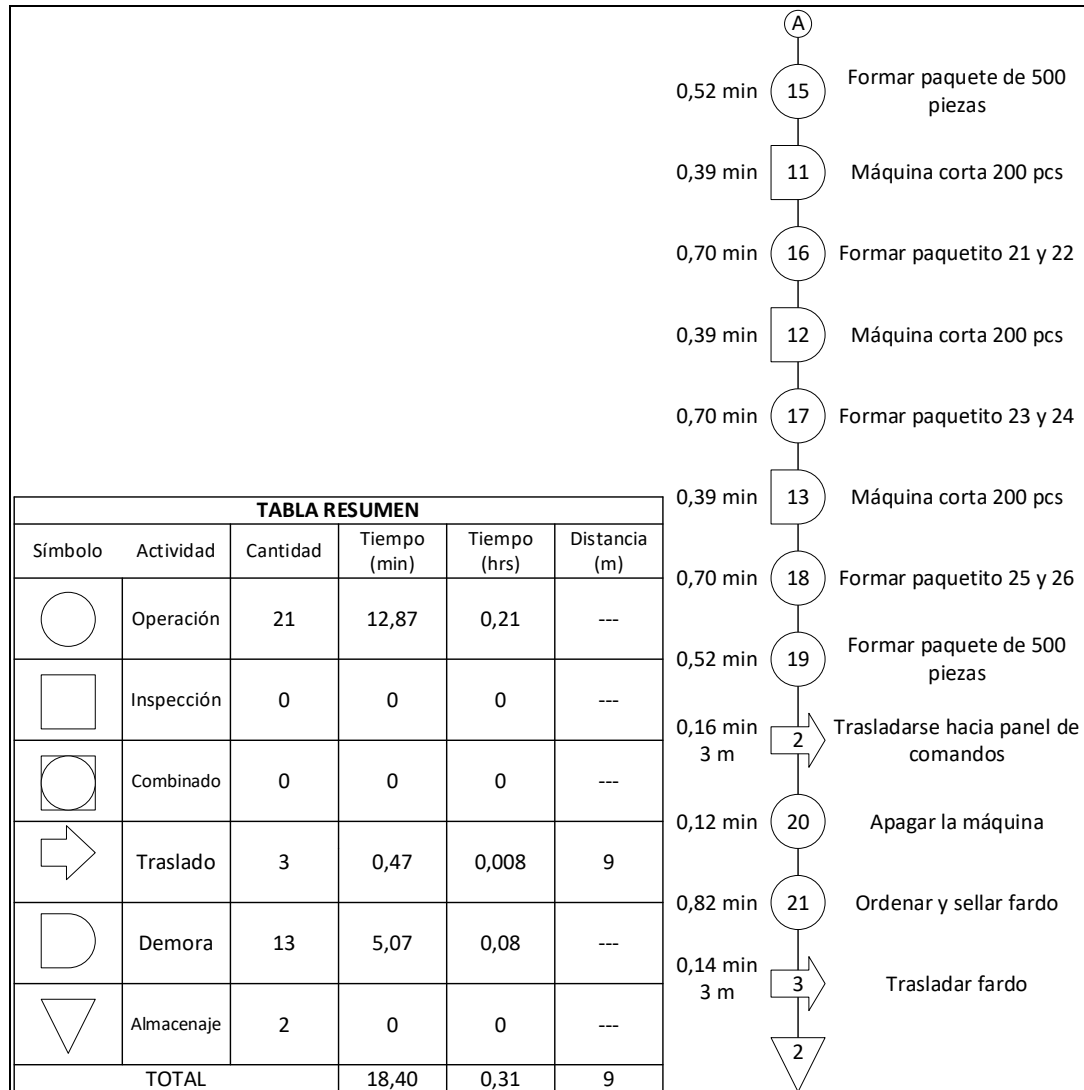
Figura 23. **Diagrama de flujo para el proceso de empaque para la familia 2**



Continuación de la figura 23.



Continuación de la figura 23.



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio.

2.2.7.4. Eficiencia del proceso

A continuación se muestra el cálculo de la eficiencia del proceso actual para el empaque para la familia 2:

$$Eficiencia\ actual = \frac{tiempo\ total\ diagrama\ de\ operaciones}{tiempo\ total\ diagrama\ de\ flujo} \times 100\ \%$$

$$Eficiencia\ actual = \frac{12,87}{18,40} \times 100\ \% = 69,94\ \%$$

Actualmente, este proceso tiene una eficiencia del 69,94 %.

2.2.8. Proceso de pesado, estibado y embalaje

En todas las cortadoras de sello lateral, los procesos de pesado, estibado y embalaje son lo mismo, por lo tanto, el análisis se realizó en general para la totalidad de máquinas.

Durante este procedimiento se pesan los fardos elaborados en el proceso anterior, se abre una tarima en el sistema, luego se procede a estibar cada fardo para mantener su orden y garantizar la estabilidad de los paquetes y, por último, se embala el producto contenido en la tarima para garantizar su protección durante el traslado hacia su lugar de destino.

2.2.8.1. Estudio de tiempos

El proceso de pesado, estibado y embalaje son los mismos para todas las máquinas que pertenecen a la familia de sello lateral, por lo tanto, este proceso no se separó en subconjuntos. Los tiempos observados inicialmente fueron 5, al igual que la cantidad de tiempos requeridos, debido a esto no fue necesario realizar más cronometrajes y se presenta solamente una tabla.

Tabla XXV. **Registro de tiempos requeridos para el proceso de cambio de pesado, estibado y entarimado**

Operación	Tiempo cronometrado (minutos)					Tiempo promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Trasladarse hacia el rollo de papel <i>craft</i>	1,25	1,15	1,20	1,12	1,13	1,17
Medir y cortar el papel <i>craft</i>	2,40	2,62	2,45	2,70	2,63	2,56
Trasladarse hacia la tarima	1,30	1,23	1,33	1,32	1,25	1,29
Colocar el papel <i>craft</i> y verificar su posición	0,57	0,50	0,42	0,60	0,52	0,52
Pesar primer grupo de fardos	5,13	4,90	4,87	5,15	4,97	5,00
Estibar fardos	1,02	1,00	1,15	1,07	1,10	1,07
Pesar segundo grupo de fardos	4,97	5,05	5,32	5,25	5,23	5,16
Estibar fardos	1,25	1,23	1,08	1,33	1,30	1,24
Pesar tercer grupo de fardos	5,15	5,12	4,95	5,00	5,20	5,08
Estibar fardos	1,05	1,20	1,28	1,13	1,25	1,18
Pesar cuarto grupo de fardos	5,27	4,83	5,02	5,22	5,40	5,15
Estibar fardos	1,13	1,23	1,20	1,12	1,08	1,15
Verificar la estabilidad del entarimado	0,47	0,35	0,50	0,42	0,33	0,41
Embalar la tarima	3,65	3,50	4,07	4,00	3,75	3,79
Generar y adherir etiqueta del pedido	0,80	1,02	1,08	0,93	1,10	0,99
Trasladarse a los patines hidráulicos	1,20	1,38	1,30	1,17	1,28	1,27
Trasladar los patines hacia la tarima	2,42	2,30	2,48	2,40	2,50	2,42
Ajustar la tarima en los patines	3,25	3,12	3,30	3,18	3,33	3,24
Trasladar la tarima	4,48	4,40	4,55	4,42	4,60	4,49
Tiempo total de ciclo cronometrado						47,19

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XXVI. **Determinación del tiempo estándar para el proceso de cambio de pesado, estibado y entarimado**

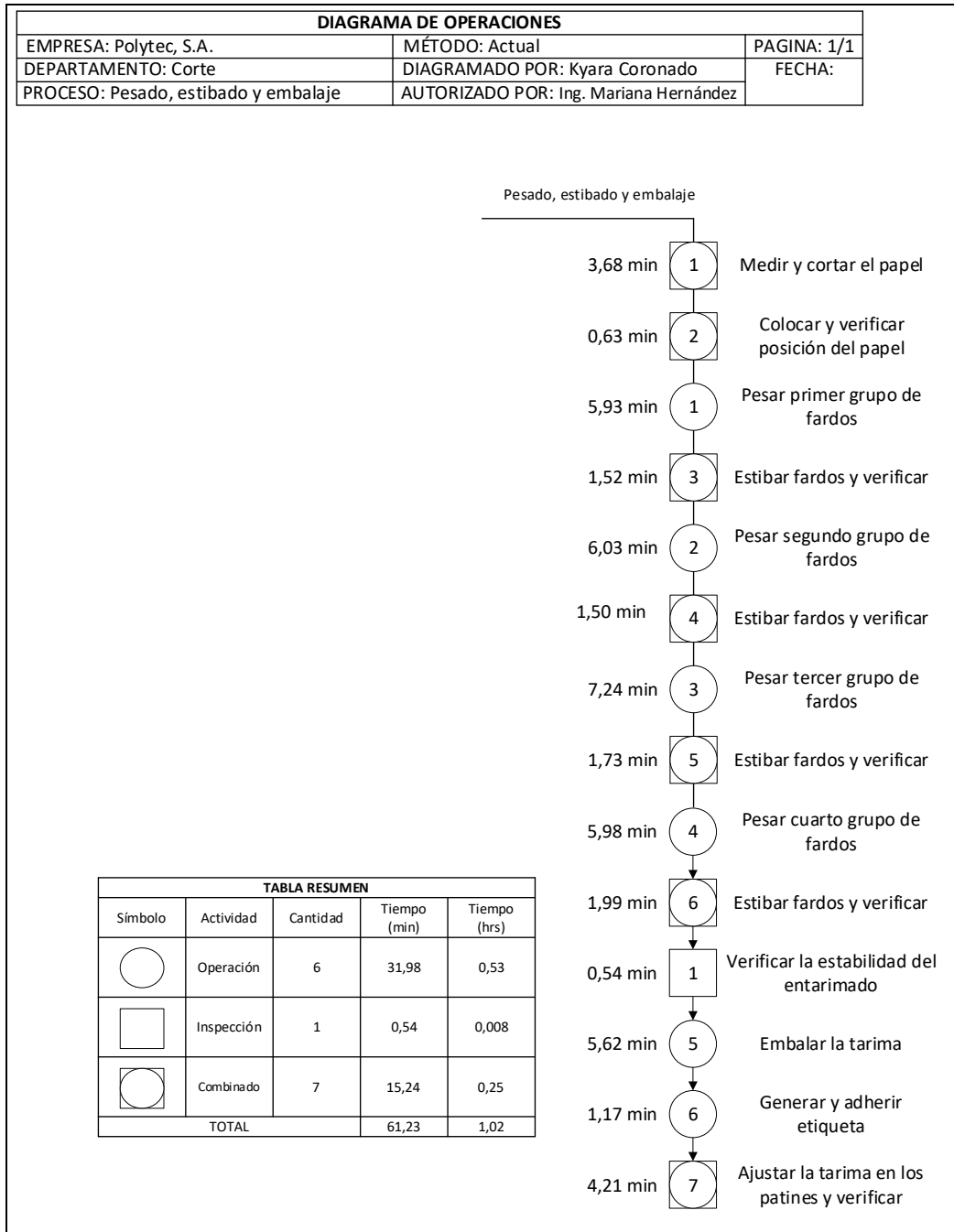
Operación	Tiempo cronometrado (min)	Factor de desempeño	Tiempo normal (min)	Holguras	Tiempo estándar (min)
Trasladarse hacia el rollo de papel <i>craft</i>	1,17	1,22	1,43	1,14	1,49
Medir y cortar el papel <i>craft</i>	2,56	1,25	3,20	1,14	3,68
Trasladarse hacia la tarima	1,29	1,13	1,45	1,14	1,67
Colocar el papel <i>craft</i> y verificar su posición	0,52	1,06	0,55	1,14	0,63
Pesar primer grupo de fardos	5,00	1,24	6,20	1,14	5,93
Estibar fardos	1,07	1,26	1,34	1,14	1,52
Pesar segundo grupo de fardos	5,16	1,24	6,40	1,14	6,03
Estibar fardos	1,24	1,26	1,56	1,14	1,50
Pesar tercer grupo de fardos	5,08	1,24	6,30	1,14	7,24
Estibar fardos	1,18	1,26	1,49	1,14	1,73
Pesar cuarto grupo de fardos	5,15	1,24	6,38	1,14	5,98
Estibar fardos	1,15	1,26	1,45	1,14	1,99
Verificar la estabilidad del entarimado	0,41	1,14	0,47	1,14	0,54
Embalar la tarima	3,79	1,27	4,82	1,14	5,62
Generar y adherir etiqueta del pedido	0,99	0,99	0,98	1,14	1,17
Trasladarse a los patines hidráulicos	1,27	1,15	1,46	1,14	1,66
Trasladar los patines hacia la tarima	2,42	1,16	2,81	1,14	3,31
Ajustar la tarima en los patines	3,24	1,17	3,79	1,14	4,21
Trasladar la tarima	4,49	1,04	4,67	1,14	5,32
Tiempo estándar total					61,23

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.2.8.2. Diagrama de operaciones

En la figura 25 se presenta el diagrama de procesos para pesado, estibado y embalaje.

Figura 24. Diagrama de operaciones para el pesado, estibado y embalaje

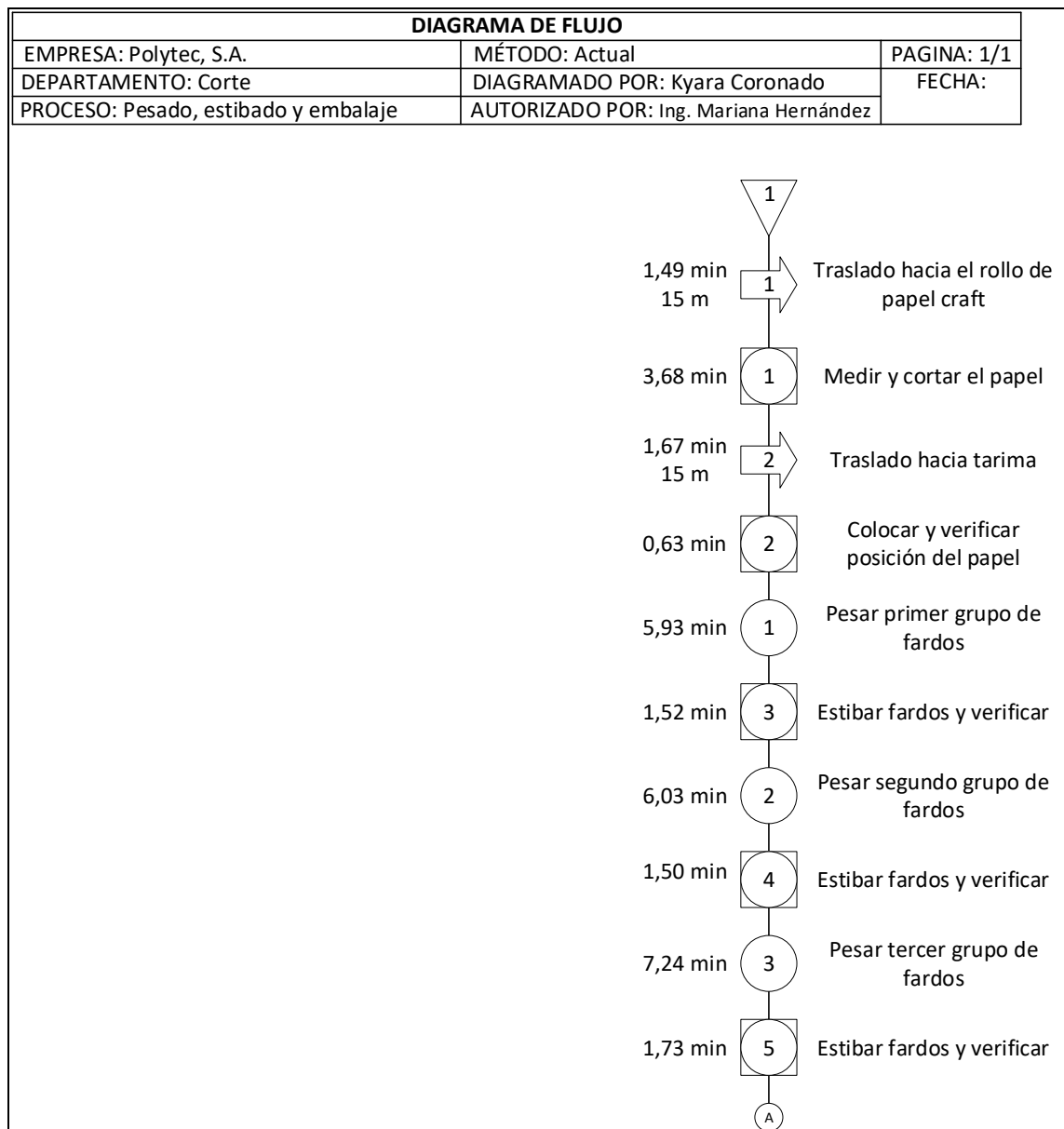


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

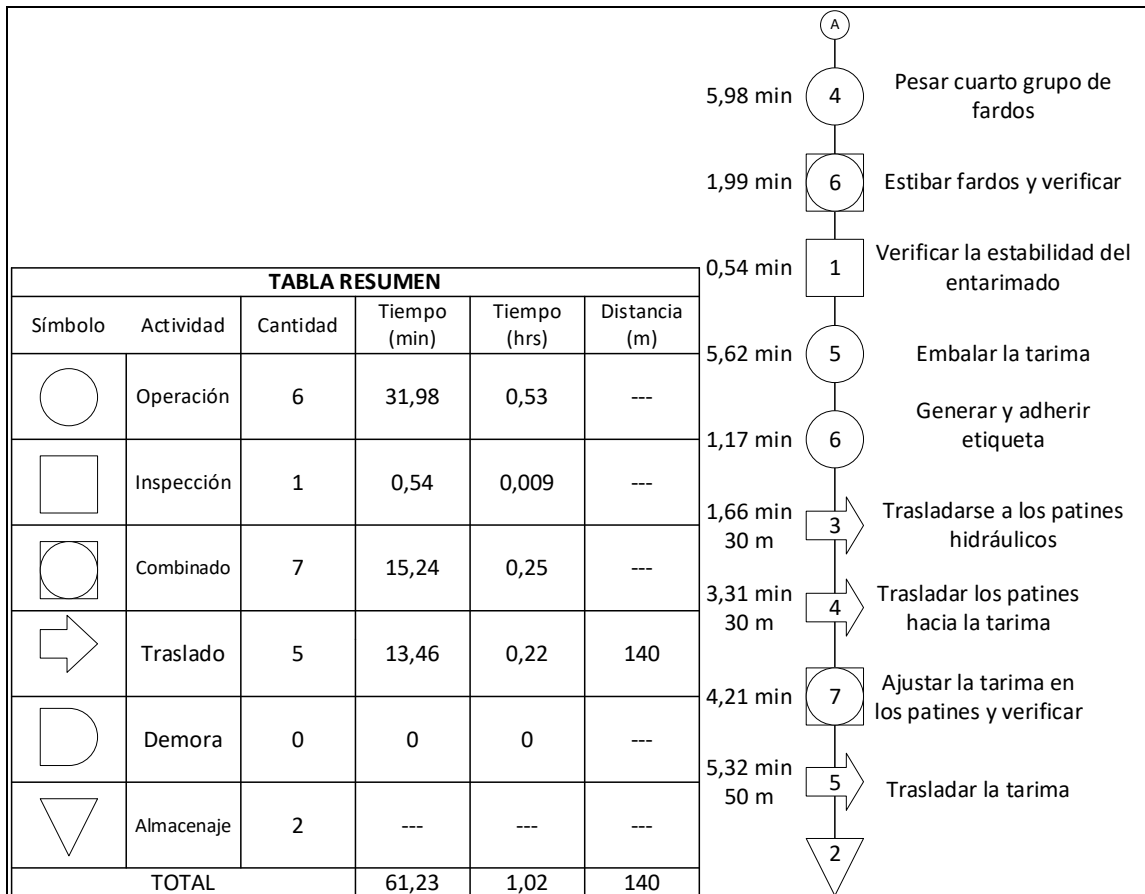
2.2.8.3. Diagrama de flujo

En la figura 26 se presenta el diagrama de flujo para pesado, estibado y embalaje:

Figura 25. Diagrama de flujo para el pesado, estibado y embalaje



Continuación de la figura 25.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.2.8.4. Eficiencia del proceso

A continuación se muestra el cálculo de la eficiencia del proceso actual para pesado y entarimado.

$$Eficiencia\ actual = \frac{tiempo\ total\ diagrama\ de\ operaciones}{tiempo\ total\ diagrama\ de\ flujo} \times 100\ %$$

$$Eficiencia\ actual = \frac{47,77\ min}{61,23\ min} \times 100\ \% = 78,01\ \%$$

Actualmente, este proceso tiene una eficiencia del 78,01 %.

2.3. Mapeo de la cadena de valor

Para llevar a cabo la optimización de los procesos por medio de la metodología de *lean manufacturing*, es de vital importancia iniciar con el mapeo de la cadena de valor actual, pues este es el diagnóstico que permite rastrear el flujo de las operaciones para conocer el estado real de la organización y así establecer mejoras con el fin de incrementar la eficiencia de forma sostenible.

De igual forma, la realización del mapeo de la cadena de valor dará paso a la elaboración del mapeo de la cadena de valor futura, en la que se representarán las soluciones a los problemas detectados y se impulsará la mejora continua.

Como ya se describió en el inciso 2.2, para el proceso de sello lateral se definieron dos familias debido a que cada una de ellas se caracteriza por contener o no perforaciones mecánicas y manuales. A continuación se muestra las dos cadenas de valor posibles que se pueden realizar.

Tabla XXVII. **Cadenas de valor formadas dentro del proceso de sello lateral**

Cadena de valor 1	Cadena de valor 2	Cadena de valor 3	Cadena de valor 4
Familia 1 con cambio de teflón en COR-89	Familia 2 con cambio de teflón en COR-89	Familia 1 con cambio de teflón en COR-39, COR-45 y COR-46	Familia 2 con cambio de teflón en COR-39, COR-45 y COR-46
Cuadre por cambio de material para familia 1	Cuadre por cambio de material para familia 2	Cuadre por cambio de material para familia 1	Cuadre por cambio de material para familia 2
Cambio de teflón COR-89	Cambio de teflón COR-89	Cambio de teflón COR-39, COR-45 y COR-46	Cambio de teflón COR-39, COR-45 y COR-46
Instalación de bobina	Instalación de bobina	Instalación de bobina	Instalación de bobina
Empaquetado para familia 1: proceso de empaque con perforación	Empaquetado para familia 2: proceso de empaque sin perforación	Empaquetado para familia 1: proceso de empaque con perforación	Empaquetado para familia 2: proceso de empaque sin perforación
Pesar, estibar y embalar tarima	Pesar, estibar y embalar tarima	Pesar, estibar y embalar tarima	Pesar, estibar y embalar tarima

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para efectos de la realización del mapeo de la cadena de valor se realizará para la familia 1, ya que es la que contiene mayor cantidad de actividades dentro de los procesos que generan incremento en el tiempo de fabricación cuando un producto pertenece a dicha familia. Este mapeo servirá de guía para la empresa al momento en que se requiera de la elaboración de las demás cadenas de valor.

A continuación se detallan y describen todos los factores que forman parte del mapeo de la cadena de valor:

- **Demanda del cliente:** la demanda del cliente se define por periodo (día, mes, trimestre, entre otros) y con base en el tiempo disponible por el periodo definido. De acuerdo con el pronóstico de demanda mostrada en la tabla XXX, el producto con el código 2362-531 es el que presenta mayor

demanda, por lo tanto se realizará el cálculo de la demanda mensual con base en dicho producto.

Tabla XXVIII. Pronóstico de demanda para los productos con sello lateral comprendidos del mes de abril a septiembre del 2021

No.	Código	Cantidad requerida (piezas)	Inicio de producción	Fin de producción	Días disponibles de producción
1	2362-311	600 500	martes, 20 de abril de 2021	martes, 27 de abril de 2021	7
2	2362-401	800 600	domingo, 2 de mayo de 2021	martes, 11 de mayo de 2021	9
3	2362-531	1 000 000	jueves, 13 de mayo de 2021	viernes, 21 de mayo de 2021	8
4	2362-295	900 000	viernes, 28 de mayo de 2021	domingo, 6 de junio de 2021	9
5	0002-C20	1 450 000	viernes, 4 de junio de 2021	lunes, 14 de junio de 2021	10
6	0671-033	1 600 000	jueves, 17 de junio de 2021	domingo, 27 de junio de 2021	10
7	0002-C18	600 000	sábado, 26 de junio de 2021	sábado, 3 de julio de 2021	7
8	2362-397	800 000	domingo, 4 de julio de 2021	lunes, 12 de julio de 2021	8
9	2362-439	1 000 000	jueves, 15 de julio de 2021	viernes, 23 de julio de 2021	8
10	0002-A65	1 500 000	domingo, 25 de julio de 2021	miércoles, 4 de agosto de 2021	10
11	2362-426	920 000	miércoles, 4 de agosto de 2021	viernes, 13 de agosto de 2021	9
12	0626-002	900 500	jueves, 12 de agosto de 2021	sábado, 21 de agosto de 2021	9
13	2362-401	800 000	martes, 24 de agosto de 2021	miércoles, 1 de septiembre de 2021	8
14	2362-310	1 450 000	domingo, 5 de septiembre de 2021	jueves, 16 de septiembre de 2021	11

Fuente: Polytec, S. A. *Demanda futura. s/p.*

El cálculo de la demanda por mes se lleva a cabo de la siguiente forma:

Demanda del cliente = demanda por mes / días de producción disponibles

Demanda del cliente = 1 600 000 piezas / 10 días o jornadas

Demanda del cliente = 160 000 piezas por jornadas

- *Takt time*: este factor es importante, pues muestra el ritmo de producción al que se debe llevar un sistema para cumplir con la cantidad requerida por el cliente. Para determinar el *takt time* es necesario obtener el tiempo disponible por jornada.

Tiempo disponible por jornada = 2 turnos/día x (12 horas/turno – 1 hora de cambio -1 hora de comida)

Tiempo disponible por jornada = 20 horas/jornada x 60 min x 60 segundos

Tiempo disponible por jornada = 72 000 segundos/ jornada

Luego de determinar el tiempo disponible por jornada de acuerdo con la duración en horas del turno, el tiempo de comida y el tiempo de cambio de turno, se procede a obtener el *takt time*.

Takt time = tiempo disponible por jornada / demanda del cliente

Takt time = (72 000segundos/jornada) / (160 000 piezas/jornada)

Takt time = 0,45 segundos/pieza

- Sistema de planificación: este se lleva a cabo mediante el MRP utilizado por Polytec, S. A. y conecta tanto con la generación de órdenes semanales como con la previsión mensual.
- Proveedor: al tener disponibles las órdenes semanales y el pronóstico de demanda mensual, se coordinará con el proveedor la cantidad necesaria de materiales.

- Tiempo de ciclo (TC): es el tiempo que pasa entre la salida de un producto hasta el siguiente. Para el mapeo de la cadena de valor se utilizará el tiempo estándar establecido en el estudio de tiempos del apartado 2.2, es decir, los que se muestran a continuación:

Tabla XXIX. **Tiempo de ciclo para los procesos de la técnica de sello lateral**

Proceso	Tiempo de ciclo
Cuadre por cambio de material para familia 1	141,53 min
Cambio de teflón COR-89	263,17 min
Instalación de bobina	27,88 min
Empaquetado para la familia 1	13,69 min
Pesar, estibar y embalar tarima	62,05 min

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Tiempo de cambio de producto (TCP): es el tiempo comprendido entre el cambio del producto anterior con el producto nuevo.

Tabla XXX. **Tiempo de cambio de producto para la técnica de sello lateral**

Proceso	TCP
Cuadre por cambio de material para familia 1	216 horas– 9 días
Cambio de teflón COR-89	167,05 horas – 6,96 días
Instalación de bobina	10,7 horas
Empaquetado para familia 1	13,69 min
Pesar, estibar y embalar tarima	438,08 min – 7,30 horas

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Tiempo de funcionamiento de la máquina (TF): en este aspecto se registra el porcentaje de tiempo que la máquina está trabajando en solventar la demanda. De acuerdo con los datos de la empresa, para realizar la planificación el porcentaje de tiempo que las máquinas están funcionando es del 83,33 %.
- Tiempo de trabajo disponible (TD): es el tiempo disponible por turno menos los tiempos de descansos, reuniones, limpieza, mantenimiento y todas aquellas actividades que no están dedicadas a la fabricación de productos. Para la planificación de producción, dentro de Polytec se tiene establecido de forma específica que, de la jornada de trabajo de 12 horas, 2 horas son para comida y cambio de turno, por lo tanto, 10 horas es el tiempo de trabajo disponible para la totalidad de las máquinas.
- Puntos de acumulación de inventario: se refiere a la cantidad de *stock* acumulado a lo largo del proceso, tanto de materia prima como de producto terminado o semielaborado. En el diagrama de la cadena de valor se representa con un ícono triangular, y por medio de la ubicación de puntos, en donde cada punto será el momento intermedio entre cada proceso donde se acumula el inventario.

Tabla XXXI. **Inventario acumulado en los diferentes puntos del proceso**

No. de punto	Ubicación	Inventario acumulado	Detalles
Punto 1	Del proveedor hacia el cuadro por cambio de material.	21 bobinas	Al inicio del proceso se tienen disponible el 50 % del total de la materia prima requerida para el pedido. Para este pedido de 1 600 000 piezas, se requieren de 42 bobinas, por lo tanto, el proceso de producción inicia cuando el proveedor brinda 21 bobinas.
Punto 2	Del cuadro por cambio de material hacia cambio de teflón.	21 bobinas	Durante el proceso se mantienen las 21 bobinas de inventario acumulado.

Continuación de la tabla XXXI.

Punto 3	Del cambio de teflón hacia instalación de bobina	21 bobinas	Durante el proceso de cambio de teflón se mantienen las 21 bobinas de inventario acumulado.
Punto 4	De la instalación de bobina hacia empaquetado de producto	19 bobinas	La instalación de bobinas requiere de 2 de ellas, ya que se cada una se encuentra en las 2 bailarinas que tiene la máquina.
Punto 5	De empaquetado de producto hacia pesado, embalado y estibado de tarima.	48 fardos	Actualmente, las máquinas se trabajan a una velocidad de 60 piezas/min con este producto. Por lo tanto, en una jornada de trabajo de 20 horas realizan 144 000 piezas o bien 48 fardos porque cada uno de ellos contiene 3 000 unidades.
Punto 6	De pesado, embalado y estibado de tarima hacia el cliente	144 000 piezas	La cantidad estibada y embalada por día es de 144 000 unidades.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Flujo de información: en el diagrama de la cadena de valor, cuando la información fluya de un punto a otro de forma electrónica, se representará con una línea en zig zag, mientras que, cuando la información se envíe a través de documentos escritos en papel, se simbolizará con una línea continua.
- Flujo *push*: se representará en el mapeo de la cadena de valor cuando los procesos fabrican piezas y las envían hacia el siguiente proceso sin tomar en cuenta sus necesidades. En el diagrama se representarán con una flecha que direccionará el flujo del proceso.
- *Lead time*: para estimar el tiempo que necesita una pieza para recorrer todo el proceso, desde que llega la materia prima hasta que es entregada al cliente, se realiza por medio de la sumatoria del TVA y el TNVA.

- Tiempo de valor añadido (TVA): tiempo que tarda una pieza en ser procesada, que se tomará a partir del tiempo de ciclo de cada proceso.

$$TVA = 141,53 + 263,17 + 27,88 + 13,69 + 62,05$$

$$TVA = 508,32 \text{ min} = 8,47 \text{ horas}$$

- Tiempo de no valor añadido (TNVA): tiempo de espera de una pieza en inventario acumulado, por lo que se obtendrá a partir de la división entre las unidades de inventario y la demanda diaria.

Tabla XXXII. **Determinación del tiempo de no valor añadido (TNVA)**

Ubicación	Inventario acumulado	Demanda diaria (unidades/día)	TNVA (días)
Punto 1	21 bobinas = 807 030 unidades	160 000	5,04
Punto 2	21 bobinas = 807 030 unidades	160 000	5,04
Punto 3	21 bobinas = 807 030 unidades	160 000	5,04
Punto 4	19 bobinas = 730 170 unidades	160 000	4,56
Punto 5	144 000 unidades	160 000	1
Punto 6	144 000 unidades	160 000	1

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

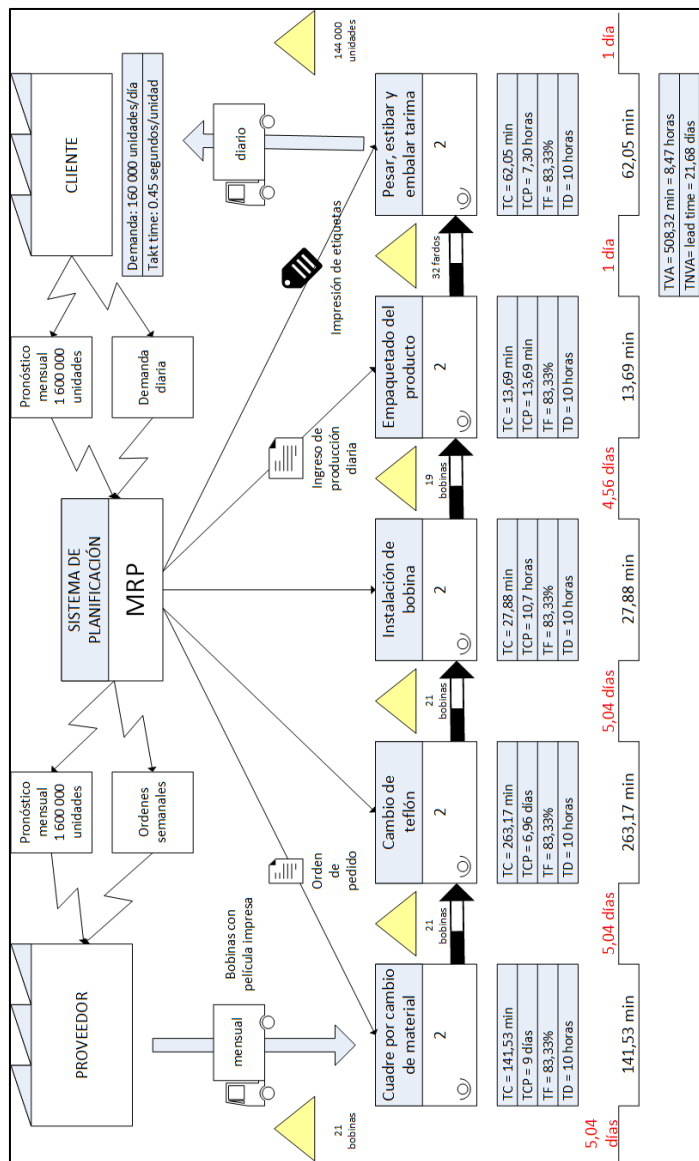
$$TNVA = 5,04 + 5,04 + 5,04 + 4,56 + 1 + 1$$

$$TNVA = 21,68 \text{ días}$$

- Línea de tiempo: esta se ubica debajo de las casillas de proceso, donde se encuentra el TC, TCP, TF, TD, y puntos de acumulación del inventario. Esta es una línea quebrada, en la que los TVA se ubican en los valles y los TNVA en las crestas.

Luego de conocer todos los factores que intervienen dentro de la cadena de valor, se presenta a continuación el mapa donde se visualiza de forma gráfica el flujo de las operaciones con la información correspondiente a cada factor.

Figura 26. Mapeo de la cadena de valor actual

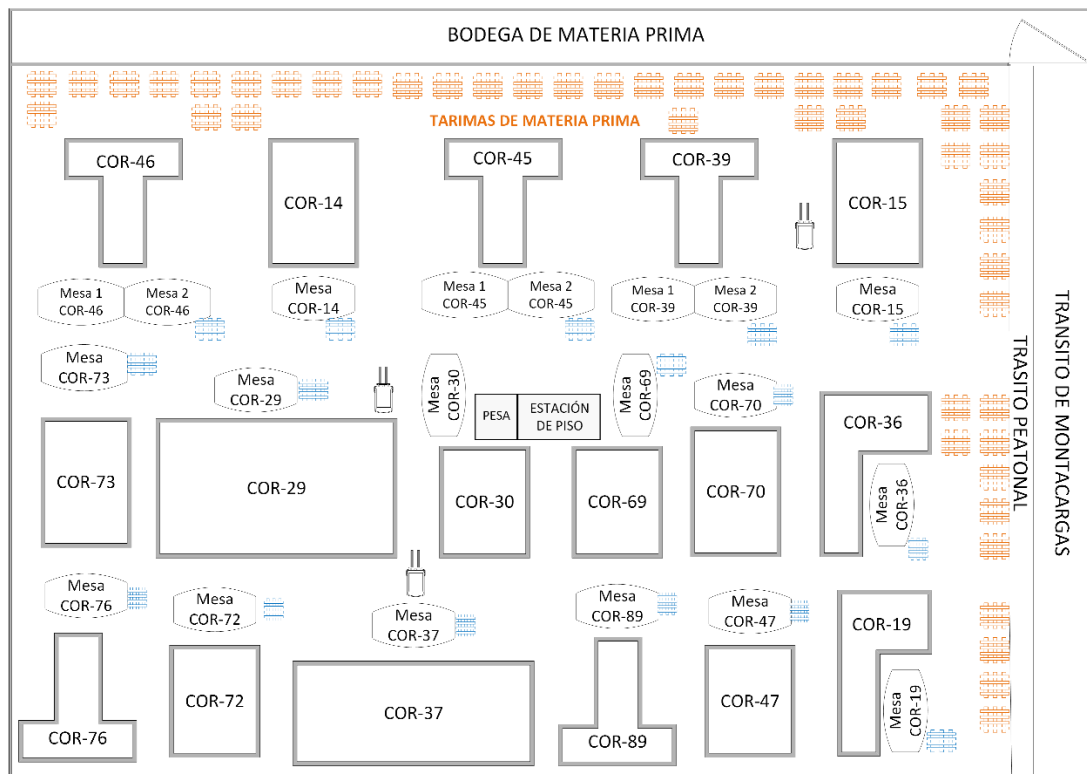


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.4. Distribución *layout* actual

Para llevar a cabo la optimización del proceso de sello lateral, es necesario conocer de forma gráfica cómo están distribuidas las máquinas, el equipo, las tarimas y todos los elementos que intervengan en el proceso. Para esto se presenta, a continuación, la distribución actual en donde se puede observar que las máquinas de sello lateral (COR-39, COR-45, COR-46, COR-76 y COR-89) se encuentran dispersas en el área.

Figura 27. Distribución *layout* actual



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Como se puede observar en la figura anterior, las máquinas de sello lateral se encuentran distribuidas en el área junto con otras máquinas de distintas familias, de igual forma, las tarimas de producto terminado (color azul) y de materia prima (color naranja) se encuentran distribuidas en los alrededores del área. Por su parte, los carros hidráulicos para transportar bobinas no tienen un lugar específico en el que deban permanecer mientras no están en uso, por lo tanto, siempre se encuentran dispersos entre las máquinas o tarimas, lo que provoca que los operadores busquen por un tiempo hasta encontrar el lugar en el que se encuentra el carro.

2.5. Evaluación actual de 5S

La metodología de 5S ha logrado tener gran relevancia en el desarrollo de cualquier proceso administrativo y operativo, debido a que proporciona el sistema adecuado para recurrir a la mejora continua por medio de cinco fases: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina.

Dentro de la planta de producción de Polytec, se han implementado las 5S en el proceso de fabricación de los empaques plásticos flexibles, por lo tanto es necesario realizar una evaluación para determinar el grado de implementación del sistema en las cortadoras de sello lateral.

2.5.1. Instrumento de medición

La evaluación y el análisis de las cortadoras de sello lateral se llevó a cabo efectuando un recorrido visual del entorno de las máquinas, con el fin de verificar y documentar en el instrumento de medición (*check list*) los aspectos a examinar de acuerdo con los criterios de evaluación:

Tabla XXXIII. **Criterios de evaluación para las fases de 5S**

Criterios de evaluación	
0	No hay implementación
1	25 % de cumplimiento
2	50 % de cumplimiento
3	75 % de cumplimiento
4	100 % de cumplimiento

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Los criterios de evaluación tienen el siguiente significado:

- 0 puntos: es equivalente a que nunca se cumple con el objetivo porque aún no existe una estrategia o porque esta no se cumple.
- 1 punto: es equivalente a que se cumple de forma esporádica con el objetivo de aspecto a evaluar.
- 2 puntos: equivalente a que se cumple regularmente con el objetivo del aspecto a evaluar.
- 3 puntos: equivalente a que se cumple casi siempre con el objetivo del aspecto a evaluar.
- 4 puntos: equivalente a que se cumple siempre con el objetivo del aspecto a evaluar.

El *check list* se divide en las 5 etapas de la metodología de 5S, que se explicarán se forma resumida para comprender por qué se analizarán los 24 aspectos contenidos en el instrumento de medición.

Tabla XXXIV. **Metodología 5S para evaluar aspectos**

Etapa	Descripción
Clasificar	Los aspectos que se evalúan en esta etapa están orientados a distinguir entre lo necesario de lo innecesario, para quedarse únicamente con lo necesario.
Ordenar	Se evalúan aspectos referentes al orden e identificación de las cosas necesarias.
Limpiar	Se refiere a todos los aspectos que conllevan a crear un lugar de trabajo limpio y adecuado.
Estandarizar	Se evalúan los aspectos que permiten conservar y mantener en el área de trabajo lo realizado en las 3S anteriores.
Disciplina	Se evalúan los aspectos que permiten crear hábitos basados en las 4S anteriores.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla XXXV. **Formato de evaluación por medio de *check list***

Etapa	Aspectos a evaluar	Puntuación				
		COR -39	COR -45	COR- 46	COR -76	COR -89
Seleccionar	Se cuenta solo con lo necesario para trabajar a simple vista					
	Los materiales no se encuentran en otras áreas diferentes al lugar asignado					
	Es fácil y rápido encontrar lo que se busca					
	Se puede saber cuáles con los objetos necesarios en el área					
	Los pasillos están libres de objetos					
Ordenar	Los contenedores de basura están en los lugares asignados					
	Las áreas están debidamente identificadas					
	Existen lugares marcados para todo el material que llega y que sale					
	Es posible localizar cualquier objeto rápidamente					
	Los equipos y utensilios están en el lugar asignado					
	Los pasillos están debidamente señalizados y se cumple					
Limpiar	Existe un programa de limpieza: es conocido y se lleva a cabo					
	Las máquinas se encuentran limpias					
	Los pasillos se encuentran limpios					
	El área general de la planta está limpia					
	Se cuenta con equipo de limpieza completo					
	Es fácil acceder al equipo de limpieza					

Continuación de la tabla XXXV.






Estandarizar	Los contenedores de basura están identificados					
	Se cumple con la clasificación de desechos en los contenedores					
	Existen letreros para identificar las áreas					
	Se conocen las 5S y se practican cotidianamente					
	Se conoce el equipo de seguridad y se utiliza adecuadamente					
	Se tienen estándares de colores identificados y son conocidos					
Disciplina	Se cumplen los procedimientos					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.5.2. Hallazgos

Durante la evaluación del nivel de implementación de las 5S se detectaron diversas variaciones en el cumplimiento de los estándares propuestos por Polytec, además de identificar aspectos que no se tienen contemplados dentro del sistema y que son necesarios para disminuir la interrupción del flujo de trabajo y para incrementar la calidad. A continuación se describen los hallazgos realizados en la máquina COR-89:






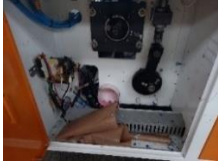
Tabla XXXVI. **Hallazgos realizados durante evaluación de 5S para la COR-89**

Artículo	Ubicación	Descripción	Evidencia
Cajas con equipo de protección personal	Dentro del área de la máquina en el balancín	La caja con equipo de protección personal estuvo en el lugar por más de una semana y pertenecía a personal subcontratado.	
Core y residuo de bobina	Dentro del área de la máquina	No existe un lugar específico para depositar los cores. El residuo de bobina si tiene un lugar específico, pero no se cumple.	
Troquel	En los alrededores de la máquina	Los residuos generados por las perforaciones deben ser depositados en bolsas especiales y no deben permanecer en los alrededores.	
Cable conductor de aire comprimido	Sobre la máquina	El aire comprimido que es conducido por ese cable es utilizado para la limpieza del troquel, sin embargo, se encuentra suelto y cae desde la máquina hasta el piso.	
Cepillo de metal y barra de metal	Sobre la máquina	El cepillo de metal debe permanecer dentro de la caja de herramientas. Sobre la barra de metal, los operadores de la máquina desconocían quién pudo haberla dejado.	

Continuación de la tabla XXXVI.

Cables de electricidad	Dentro del área de la máquina	Los cables se encuentran debajo de la mesa de trabajo principal y en la entrada a la parte inferior de la máquina, entrada por la que los operadores y personal de mantenimiento proceden a realizar ajustes diariamente.	
Tubo de metal	Sobre la máquina	Los operadores desconocen quién pudo haber dejado el tubo de metal sobre la máquina.	
Bolsa de utensilios	Debajo de las mesas de trabajo	Dentro de la bolsa de utensilios se debe encontrar los artículos personales del operador, incluyendo su contenedor de agua, además, dicha bolsa debe permanecer cerrada.	
Documentos, residuos de tape adhesivo y de teflón	Debajo de las mesas de trabajo	Los residuos de tape adhesivo y de teflón tienen un contenedor específico en el que deben ser depositados.	
Etiquetas de información de las bobinas	Sobre la máquina	No existe un lugar específico para guardar las etiquetas de las bobinas, por lo que, son ubicadas sobre la máquina, material de empaque, mesa de trabajo y producto terminado.	
Suciedad	En la máquina	La pieza mecánica no ha sido lubricada por lo que se está desgastando y produciendo polvo que no se ha limpiado.	
Core	En los alrededores de la máquina	No existe un lugar específico para depositar los cores.	

Continuación de la tabla XXXVI.

Core	Sobre la máquina	No existe un lugar específico para depositar los cores.	
Contenedor sin tapadera	En los alrededores de la máquina	Todos los contenedores de basura deben tener tapadera para evitar la posible contaminación física al producto.	
Contenedor sin identificación	En los alrededores de la máquina	Todos los contenedores de basura deben estar identificados.	
Teflón	Sobre la máquina	El sobrante de teflón no tiene un lugar específico para ser depositado.	
Tape adhesivo y cautín	Dentro de panel eléctrico principal	Dentro de los paneles eléctricos no debe permanecer ningún objeto, únicamente el manual instructivo de la máquina.	
Troquel, residuos de teflón y adhesivo cushion	Dentro de panel eléctrico del balancín	Dentro de los paneles eléctricos no debe permanecer ningún objeto y deben ser limpiados diariamente para evitar que el troquel o el polvo pueda introducirse en algún equipo eléctrico.	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.5.3. Análisis de resultados

De acuerdo con la escala de evaluación expuesta anteriormente, se realizó la evaluación de los diferentes aspectos comprendidos en cada una de las fases de la metodología. A continuación se detallan las puntuaciones obtenidas:

Tabla XXXVII. Evaluación de los aspectos de 5S en las áreas de trabajo

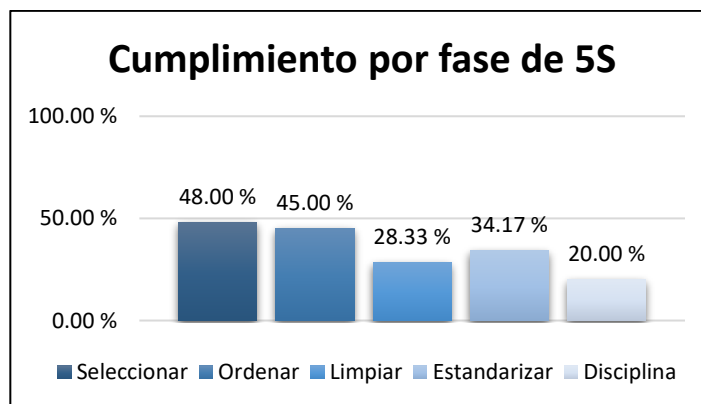
Etapa	Aspectos a evaluar	Puntuación					
		COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89	
Seleccionar	Se cuenta solo con lo necesario para trabajar a simple vista	3	3	4	2	3	48.00 %
	Los materiales no se encuentran en otras áreas diferentes al lugar asignado	1	1	2	1	1	
	Es fácil y rápido encontrar lo que se busca	2	1	2	3	1	
	Se puede saber cuáles con los objetos necesarios en el área	3	2	4	2	4	
	Los pasillos están libres de objetos	1	0	0	2	0	
Ordenar	Los contenedores de basura están en los lugares asignados	4	4	4	4	4	45.00 %
	Las áreas están debidamente identificadas	1	3	1	3	1	
	Existen lugares marcados para todo el material que llega y que sale	3	2	2	3	1	
	Es posible localizar cualquier objeto rápidamente	0	0	1	2	0	
	Los equipos y utensilios están es el lugar asignado	1	1	2	1	1	
	Los pasillos están debidamente señalizados y se cumple	2	1	2	0	0	
Limpiar	Existe un programa de limpieza: es conocido y se lleva a cabo	0	0	0	0	0	28.33 %
	Las máquinas se encuentran limpias	0	0	0	1	0	
	Los pasillos se encuentran limpios	1	1	1	2	3	
	El área general de la planta está limpia	4	4	4	4	4	
	Se cuenta con equipo de limpieza completo	2	0	1	0	0	
	Es fácil acceder al equipo de limpieza	1	0	1	0	0	

Continuación de la tabla XXXVII.

Estandarizar	Los contenedores de basura están identificados	1	2	1	2	1	34.17 %
	Se cumple con la clasificación de desechos en los contenedores	0	2	0	0	0	
	Existen letreros para identificar las áreas	1	3	1	3	1	
	Se conocen las 5S y se practican cotidianamente	0	0	2	0	2	
	Se conoce el equipo de seguridad y se utiliza adecuadamente	4	4	4	4	3	
	Se tienen estándares de colores identificados y son conocidos	0	0	0	0	0	
Disciplina	Se cumplen los procedimientos	1	1	0	2	0	20.00 %
Total			37.50 %	36.46 %	40.63 %	42.71 %	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

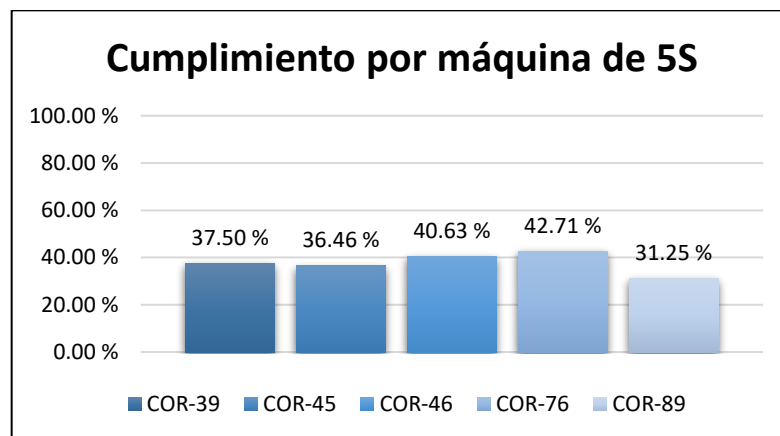
Figura 28. **Gráfico del cumplimiento porcentual por cada fase de la metodología de 5S**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

De acuerdo con los datos obtenidos, se determinó que, por cada fase de las 5S, el porcentaje de cumplimiento es: 48 %, 45 %, 28,33 %, 34,17 % y 20 %. Por lo tanto, se concluye que la quinta S, la cual corresponde a la etapa de disciplina, es la que tiene menor cumplimiento, mientras que la primera S tiene mayor participación con respecto a las demás, sin embargo, no cuenta con la mitad de cumplimiento en cuanto a sus objetivos.

Figura 29. **Gráfico del cumplimiento porcentual de la metodología de 5S en cada máquina.**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Por último, en el análisis del desempeño de las 5S en las máquinas de sello lateral, la COR-89 tiene menor cumplimiento de objetivos y medidas establecidas por el sistema y es la que presenta mayor participación en la metodología es la COR-76, esto no significa que presente una situación óptima, por lo que es necesario incrementar el nivel de cooperación en las técnicas.

2.6. Análisis de los indicadores del equipo

Para analizar el nivel de aprovechamiento de la capacidad del equipo o maquinaria es necesario estudiar los indicadores que aporten información sobre el desempeño de estos y del personal operativo. Se llevará a cabo un examen del nivel de producción actual para luego proceder a determinar la eficiencia global del equipo (OEE) y, por último, se establecerá el nivel del aprovechamiento del equipo (AE) que existe actualmente dentro de Polytec.

2.6.1. Producción actual

El estudio de la producción actual se realizó por medio de la observación y documentación de la velocidad a la que se operaba la máquina, la velocidad a la que se reportaba la producción y la cantidad de producción reportada al final de cada turno.

Para comprender cuáles son los aspectos que conforman el análisis de la producción actual, se describen a continuación de forma detallada:

- Velocidad reportada: como parte del control de la producción de cada máquina existe un documento denominado boleta de producción, está a cargo del supervisor y del operador. En esta boleta se registran aspectos como el número de pedido, la temperatura de trabajo, el código de empleado del operador, la velocidad a la que se reporta y la cantidad de producción reportada. La velocidad reportada que se registra en la boleta es el dato teórico que los operadores registran al inicio de la jornada de trabajo para que, al final del turno, se tenga un registro de la velocidad a la que se trabajó durante el turno, sin embargo, esta velocidad registrada suele ser menor a la velocidad a la que opera la máquina porque si existe

algún contratiempo por paros inesperados, la diferencia de velocidad hace que el operador al final del turno puede alcanzar la meta propuesta de producción.

- Velocidad a la que opera la máquina: se refiere a la velocidad real con la que se trabajará a lo largo de la jornada. Esta velocidad suele ser mayor a la velocidad reportada, como ya se explicó anteriormente, se hace de esta forma para que el operador con la diferencia de velocidad incrementada logre alcanzar la meta propuesta de producción diaria.
- Cantidad de producción reportada: esta es la cantidad de piezas que el operador de la máquina produce durante su turno en relación con la velocidad reportada, por lo tanto, se puede entender que esta es una producción teórica que es establecida por el operador al inicio de la jornada.
- Cantidad de producción real: se refiere a la cantidad de piezas reales que son producidas durante el turno por el operador de la máquina. Esta, al igual que la velocidad a la que se opera la máquina, es mayor que la cantidad de producción reportada por los motivos explicados anteriormente. De igual forma, es importante mencionar que para los operadores es beneficioso que la producción real sea mayor que la producción reportada, pues esto influye de forma directa y positiva en su incentivo (pago extra por producir más), ya que, alcanzaron y sobrepasaron la meta propuesta al inicio de la jornada en la boleta de producción.

A continuación se detalla la producción documentada para los productos fabricados en las cortadoras de sello lateral:

Tabla XXXVIII. **Documentación de la producción actual en las cortadoras de sello lateral**

Código del producto	Máquina	Velocidad reportada	Producción reportada	Velocidad real (golpes/min)	Producción real
2362-311	COR-39	70	42 000	80	48 000
2362-531		76	45 600	85	51 000
0002-C18		73	43 800	80	48 000
2362-397		80	48 000	90	54 000
2362-439		87	52 200	97	58 200
0002-A65		74	44 400	80	48 000
0002-C18	COR-45	88	52 800	96	57 600
0002-A65		83	49 800	93	55 800
2362-311	COR-46	60	36 000	70	42 000
2362-295		71	42 600	80	48 000
0002-C18		76	45 600	86	51 600
2362-397		75	45 000	85	51 000
0002-A65		73	43 800	83	49 800
2362-426		74	44 400	84	50 400
2362-401		70	42 000	80	48 000
2362-426	COR-76	77	46 200	87	52 200
2362-401		75	45 000	85	51 000
2362-296		77	46 200	85	51 000
2362-531	COR-89	80	48 000	90	54 000
2362-295		70	42 000	80	48 000
0002-C18		68	40 800	75	45 000
0002-C20		52	31 200	60	36 000
2362-397		55	33 000	65	39 000
2362-426		58	34 800	65	39 000
0671-033		80	48 000	90	54 000
0626-002		70	42 000	80	48 000
2362-401		65	39 000	75	45 000

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Es importante indicar que existen productos que se fabrican en más de dos máquinas y la velocidad de estas es diferente, tal como se puede observar en el producto con código 0002-C18, el cual se elabora en las cortadoras 39, 45, 46 y 89, sin embargo, en todo el ritmo de producción es distinto, siendo las velocidades reales de 80 piezas/min, 96 piezas/min, 86 piezas/min y 75 piezas/min, respectivamente.

Esta velocidad de producción en las cortadoras 39, 45 y 46 en teoría debería ser la misma, pues estas cuatro máquinas tienen igual tiempo de vida y las características mecánicas son idénticas. Por otro lado, la cortadora 89 actualmente tiene 5 meses de haberse puesto en marcha y es un modelo más reciente que las cuatro anteriores, por lo que es la única máquina que puede diferir en velocidad, es decir, debería trabajar a una velocidad superior a las demás, sin embargo, es la que presenta un menor ritmo de producción.

Para analizar a detalle la producción actual es necesario determinar el nivel de aprovechamiento de la capacidad de las máquinas. De acuerdo con el técnico consultor, las máquinas cuentan con una capacidad de producción mayor a la que se está produciendo en la actualidad.

Para conocer el nivel de aprovechamiento de la capacidad por cada máquina, se determinará la velocidad promedio de cada cortadora con base en las velocidades registradas en la tabla XXXVIII y el porcentaje de aprovechamiento se estimará por medio de la relación que existe entre la velocidad promedio con la capacidad real de máquina.

Tabla XXXIX. Nivel de aprovechamiento de la capacidad de las cortadoras de sello lateral

Máquina	Promedio de velocidad actual (piezas/min)	Capacidad (piezas/min)	% de aprovechamiento
COR-39	83	130	63,84 %
COR-45	95	130	72,69 %
COR-46	81	145	55,96 %
COR-76	85	145	58,62 %
COR-89	76	200	37,78 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

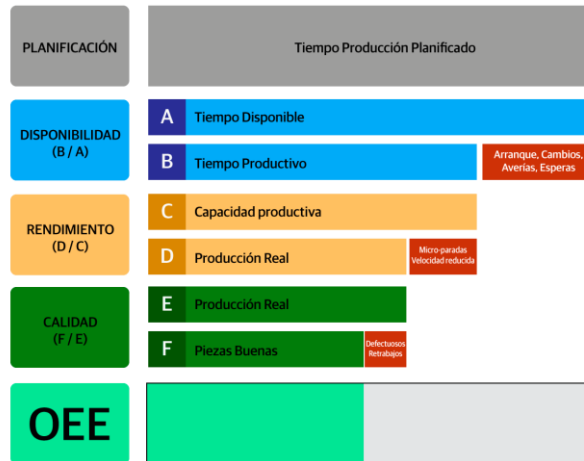
Como se puede observar en la tabla XXXIX, las cortadoras de sello lateral presentan un porcentaje de aprovechamiento de su capacidad muy bajo, a pesar de que la cortadora 39 tiene un nivel más alto de las demás, no se está explotando su capacidad máxima de producción. Por otro lado, la cortadora 89, siendo la máquina más nueva, presenta el porcentaje más bajo en su aprovechamiento.

2.6.2. Eficiencia global del equipo (OEE)

La cultura de mejora continua utiliza el indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*, por sus siglas en inglés), para medir la eficacia de la maquinaria industrial. Esto lo realiza por medio de englobar los parámetros fundamentales que influyen directamente en la baja productividad, dichos parámetros son la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

Esta herramienta es capaz de identificar la razón por la que se ha perdido productividad, ya que permite determinar en forma de porcentajes los problemas que se han tenido durante la fabricación de los productos, es decir, se conoce si la baja productividad se debe a que las máquinas estuvieron mucho tiempo paradas (disponibilidad), a que la maquinaria no funcionó con su capacidad máxima (eficiencia) o si se debe a la producción de gran cantidad de unidades defectuosas (calidad). A continuación se muestra un gráfico para comprender cómo está conformado el OEE:

Figura 30. **Gráfico de los factores que componen el indicador OEE**



Fuente: Sistemas OEE. *Calcular OEE*. <https://www.sistemasooe.com/calcular-ooe/>. Consulta: 12 de julio de 2021.

Por lo mencionado anteriormente, se puede concluir que el indicador OEE se calcula a partir de los porcentajes de los tres factores:

$$OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad$$

Para determinar si la efectividad total del equipo (OEE) se encuentra en un estado ideal, aceptable o inaceptable, es importante utilizar la escala de evaluación propuesta por Robert Hansen en su libro *Efectividad general del equipo*.

Tabla XL. **Escala de evaluación OEE**

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE < 65 %	Inaceptable	Existen importantes pérdidas económicas y baja competitividad en el mercado.
65 % < OEE < 75 %	Regular	Hay pérdidas económicas y es aceptable solo si se está en proceso de mejora.
75 % < OEE < 85 %	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas y competitividad ligeramente baja.
85 % < OEE < 95 %	Bueno	Existe buena competitividad y se encuentran dentro de la categoría de "clase mundial".
OEE > 95 %	Excelente	Competitividad excelente.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Disponibilidad: toma en cuenta el tiempo productivo y el tiempo disponible para un periodo de producción determinado. Las paradas que ocurren durante el proceso de fabricación influyen negativamente sobre este factor.

$$D = \frac{TOR}{(TP - PP)} * 100$$

$$TOR = TP - PP - PNP$$

Donde:

TOR: tiempo operativo real

TP: tiempo de producción

PP: tiempo de paradas planeadas

PNP: tiempo de paradas no planeadas

Para determinar el cálculo del OEE se registraron los tiempos de producción, paradas no planeadas y paradas planeadas durante cinco días (en el turno diurno) en cada una de las máquinas de sello lateral. Con dichos tiempos

documentados se procedió a determinar el promedio de cada uno, esto permitirá el cálculo del tiempo operativo real y a su vez el porcentaje de disponibilidad.

Tabla XLI. **Registro y cálculo del promedio de los datos para determinar la disponibilidad**

Máquina	Días	Tiempo programado (TP) (horas)	Tiempo de paradas planeadas (PP) (horas)	Tiempo de paradas no planeadas (PNP) (horas)
COR-39	1	12	2	4,5
	2	12	2	2,7
	3	12	2	1,0
	4	12	2	3,1
	5	12	2	1,8
Promedio		12	2	2,62
COR-45	1	12	2	1,6
	2	12	2	1,0
	3	12	2	4,3
	4	12	2	0,3
	5	12	2	1,7
Promedio		12	2	1,78
COR-46	1	12	2	9,3
	2	12	2	1,6
	3	12	2	1,4
	4	12	2	2,1
	5	12	2	0,2
Promedio		12	2	2,92
COR-76	1	12	2	1,7
	2	12	2	0,4
	3	12	2	3,2
	4	12	2	5,5
	5	12	2	1,8
Promedio		12	2	2,52
COR-89	1	12	2	4,7
	2	12	2	5,3
	3	12	2	1,1
	4	12	2	2,2
	5	12	2	6,5
Promedio		12	2	3,96

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Luego de establecer el valor promedio para cada tiempo registrado, se procede a determinar el tiempo operativo real. A continuación se muestra el cálculo para el TOR de la máquina COR-39 y para las demás cortadoras se utilizó el mismo principio:

$$TOR \text{ de } COR - 39 = 12 \text{ horas} - 2 \text{ horas} - 2,62 \text{ horas}$$

$$TOR \text{ de } COR - 39 = 7,38 \text{ horas}$$

Para la máquina COR-39 se tiene un tiempo operativo real de 7,38 horas. Los resultados para las demás máquinas se pueden observar en la tabla XLII.

Tabla XLII. **Determinación del valor del tiempo operativo real por máquina**

	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Tiempo operativo real (TOR) (horas)	7,38	8,22	7,08	7,48	6,04

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Al tener el valor de TOR correspondiente a cada máquina se procede a establecer el cálculo del porcentaje de disponibilidad. A continuación se muestran los pasos para determinar la disponibilidad en la COR-39 y para las demás máquinas se utilizó el mismo principio:

$$Disponibilidad \text{ para } COR - 39 = \frac{7,38 \text{ horas}}{12 \text{ horas} - 2 \text{ horas}} \times 100$$

$$Disponibilidad \text{ para } COR - 39 = 73,8 \%$$

El porcentaje de disponibilidad para la COR-39 es del 39,8, debido a que presenta tiempos prolongados de paradas no planeadas. En la tabla XLIII se presenta los resultados obtenidos sobre la disponibilidad para las demás máquinas.

Tabla XLIII. **Determinación del porcentaje de disponibilidad por máquina**

	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Disponibilidad	73,8 %	82,2 %	70,8 %	74,8 %	60,4 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Rendimiento: este factor se ve afectado por la velocidad reducida y por las microparadas durante el proceso de producción, ya que toma en cuenta el valor de la producción real y la capacidad productiva durante un tiempo determinado. Para obtener el rendimiento se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento: } \frac{PR}{PPR} \times 100$$

$$PPR = \text{Velocidad teórica} \times TOR$$

Donde:

PPR: producción programada

PR: producción real

Durante los cinco días en el turno de día en los que se documentaron los tiempos, también se registró la producción real obtenida al finalizar cada día y la velocidad teórica a la que se trabajó. Con dichas cantidades registradas se

procedió a determinar el promedio de cada uno, esto permitirá el cálculo de la producción programada y a su vez el porcentaje de rendimiento.

Tabla XLIV. Registro y cálculo del promedio de los datos para determinar el rendimiento

Máquina	Días	Velocidad teórica (piezas/hora)	Producción real (PR) (piezas/día)
COR-39	1	4 500	31 845
	2	4 800	40 982
	3	4 800	30 108
	4	5 100	23 376
	5	5 100	38 780
Promedio		4 860	33 018
COR-45	1	5 400	41 908
	2	5 100	38 091
	3	5 100	31 012
	4	5 700	41 694
	5	4 200	35 442
Promedio		5 100	37 629
COR-46	1	4 200	18 076
	2	4 200	27 104
	3	5 400	38 189
	4	4 800	29 917
	5	5 400	40 367
Promedio		4 800	30 731
COR-76	1	3 600	29 800
	2	4 500	33 254
	3	5 100	32 924
	4	5 100	25 697
	5	5 100	40 090
Promedio		4 680	32 353
COR-89	1	3 600	20 137
	2	3 900	18 008
	3	4 200	25 468
	4	4 200	23 892
	5	3 600	15 708
Promedio		3 900	20 643

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Luego de establecer el valor promedio para la velocidad teórica y la producción real, se procede a determinar la producción programada. A

continuación se muestra el cálculo para la PPR de la máquina COR-39 y para las demás cortadoras se utilizó el mismo principio.

$$PPR \text{ para } COR - 39 = 4\,860 \frac{\text{piezas}}{\text{horas}} \times 7,38 \text{ horas}$$

$$PPR \text{ para } COR - 39 = 35\,867 \text{ piezas}$$

Para la máquina COR-39 se tiene una producción programada de 35 866,8 piezas. Los resultados para las demás máquinas se pueden observar en la tabla XLV:

Tabla XLV. **Determinación del valor de la producción programada por máquina**

	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Producción programada (PPR) (piezas)	35 867	41 922	33 984	35 006	23 556

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Al tener el valor de la producción programada correspondiente a cada máquina se procede a establecer el cálculo del porcentaje de rendimiento. A continuación se muestra el cálculo para determinar el rendimiento en la COR-39 y para las demás máquinas se utiliza el mismo principio:

$$\text{Rendimiento para } COR - 39 = \frac{33\,018 \text{ piezas}}{35\,866,8 \text{ piezas}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento para } COR - 39 = 92,06 \%$$

El porcentaje de rendimiento para la COR-39 es del 92,06 %. En la tabla XLVI se presentan los resultados obtenidos sobre el rendimiento para las demás máquinas:

Tabla XLVI. **Determinación del porcentaje de rendimiento por máquina**

	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Rendimiento	92,06 %	89,76 %	90,43 %	92,42 %	87,63 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Calidad: este factor se ve afectado por las piezas defectuosas y por los procesos de retrabajo, debido a que considera la producción buena y la producción real. Para obtener la calidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$Calidad = \frac{Unidades\ buenas}{PR}$$

Al igual que para la disponibilidad y rendimiento, durante el turno diurno de los cinco días se registró la cantidad de unidades buenas al finalizar cada día. Con dichas cantidades registradas se procedió a determinar el promedio de cada uno, esto permitirá el cálculo de la calidad.

Tabla XLVII. **Registro y cálculo del promedio de los datos para determinar el rendimiento**

Máquina	Días	Producción real (PR) (piezas)	Unidades buenas
COR-39	1	31 845	23 884
	2	40 982	32 786
	3	30 108	25 592
	4	23 376	16 597
	5	38 780	25 983
Promedio		33 018,2	24 968
COR-45	1	41 908	28 078
	2	38 091	30 092
	3	31 012	20 778
	4	41 694	27 935
	5	35 442	31 898
Promedio		37 629,4	27 756
COR-46	1	18 076	12 653
	2	27 104	24 394
	3	38 189	29 787
	4	29 917	26 925
	5	40 367	36 330
Promedio		30 730,6	26 018
COR-76	1	29 800	19 668
	2	33 254	29 929
	3	32 924	24 364
	4	25 697	19 787
	5	40 090	31 270
Promedio		32 353	25 003
COR-89	1	20 137	18 123
	2	18 008	15 667
	3	25 468	19 865
	4	23 892	16 724
	5	15 708	12 252
Promedio		20 642,6	16 526

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Es importante recalcar que, de acuerdo con la información proporcionada por el departamento de calidad, actualmente en promedio se tiene un 27 % de unidades defectuosas por cada lote de producción.

Luego de establecer el valor promedio para las unidades buenas se procede a determinar el porcentaje de calidad. A continuación se muestra el cálculo para la calidad de la máquina COR-39 y para las demás cortadoras se utiliza el mismo principio:

$$\text{Calidad para COR - 39} = \frac{24\,968 \text{ piezas}}{33\,018 \text{ piezas}} \times 100$$

$$\text{Calidad para COR - 39} = 75,62 \%$$

El porcentaje de calidad para la COR-39 es del 92,06 %. En la tabla XLVIII se presentan los resultados obtenidos sobre el rendimiento para las demás máquinas.

Tabla XLVIII. **Determinación del porcentaje de calidad por máquina**

Máquina	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Calidad	75,62 %	73,76 %	84,66 %	77,28 %	80,06 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Con base en los porcentajes de disponibilidad, rendimiento y calidad, se determina el indicador OEE para máquina COR-39 y para las demás máquinas se utiliza el mismo principio:

$$\text{OEE para COR - 39} = 73,08 \% \times 92,06 \% \times 75,62 \%$$

$$\text{OEE para COR - 39} = 51,37 \%$$

El porcentaje de OEE para la COR-39 es del 51,37 %. En la tabla XLIX se presenta el resumen de los resultados obtenidos para la disponibilidad, rendimiento y calidad de todas las máquinas que ayudaron a determinar el valor de la eficiencia global del equipo.

Tabla XLIX. **Determinación del porcentaje de OEE por máquina y resumen de los resultados obtenidos para la disponibilidad, calidad y rendimiento**

Indicador	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Disponibilidad	73,80 %	82,20 %	70,80 %	74,80 %	60,40 %
Rendimiento	92,06 %	89,76 %	90,43 %	92,42 %	87,63 %
Calidad	75,62 %	73,76 %	84,66 %	77,28 %	80,06 %
OEE	51,37 %	54,42 %	54,20 %	53,43 %	42,38 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La determinación del porcentaje de OEE permite conocer el estado actual de la eficiencia en el equipo, por lo que con el análisis anterior se puede determinar que, al tener un porcentaje de OEE por debajo del 65 %, las cortadoras de sello lateral tienen un calificativo inaceptable y están provocando importantes pérdidas económicas, además de presentar baja competitividad en el mercado.

2.6.3. Aprovechamiento del equipo (AE)

El índice de aprovechamiento del equipo da a conocer el porcentaje de tiempo que el equipo estuvo en funcionamiento con relación al tiempo calendario de producción. La diferencia que existe entre el índice AE y el índice de disponibilidad en el OEE, radica en que para el aprovechamiento del equipo el cálculo del tiempo de funcionamiento (tiempo operativo real) y el cálculo del tiempo calendario (tiempo de producción menos tiempo de paradas planeadas) se realizan de forma anual, mientras que en la disponibilidad se trabaja por turno. Para determinar el AE se utiliza la siguiente fórmula:

$$AE = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Tiempo calendario}} \times 100$$

$$\text{Tiempo de funcionamiento} = TP - PNP - PP$$

Donde:

TP = tiempo calendario o programado de acuerdo con los días hábiles de trabajo durante un año.

PNP = tiempo total no programado.

PP = tiempo de paradas planificadas.

Para determinar los valores de TP, PNP y PP para el aprovechamiento del equipo se tomará como base los promedios encontrados para estos aspectos en cada máquina que se encuentran en la tabla XLIX.

Al tener estos valores se procede a calcular el valor anual, tal y como lo requiere el AE, multiplicando por 2 turnos (porque en la disponibilidad se determinó por turno y el día consta de 2 turnos) y luego se multiplica por 358 días (durante el año la planta se para durante 7 días, es decir, no se trabaja durante ese tiempo).

Tabla L. **Registro y cálculo de los valores anuales para determinar el AE en base a los datos de la disponibilidad**

Máquina	Valores por turno			Valores anuales		
	Tiempo calendario (TP) (horas)	Tiempo de paradas planeadas (PP) (horas)	Tiempo de paradas no planeadas (PNP) (horas)	Tiempo calendario (TP) (horas)	Tiempo de paradas planeadas (PP) (horas)	Tiempo de paradas no planeadas (PNP) (horas)
COR-39	12	2	2,62	8 592	1 432	1 875,92
COR-45	12	2	1,78	8 592	1 432	1 274,48
COR-46	12	2	2.92	8 592	1 432	2 090,72

Continuación de la tabla L.

COR-76	12	2	2,52	8 592	1 432	1 804,32
COR-89	12	2	3,96	8 592	1 432	2 835,36

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Al tener los datos de forma anual se procede a realizar el cálculo de índice AE para la cortadora 39 y para las demás máquinas se utiliza el mismo principio:

$$\textit{T tiempo de funcionamiento para COR} - 39 = 8\,592\,h - 1\,432\,h = 7\,160\,h$$

$$\textit{T tiempo de funcionamiento para COR} - 39 = 5\,284,02\,horas$$

$$AE \textit{ para COR} - 39 = \frac{5\,284,02\,h}{8\,592\,h} \times 100$$

$$AE \textit{ para COR} - 39 = 61,50\%$$

Tabla LI. **Determinación del indicador AE para cada máquina**

Máquina	Tiempo de funcionamiento (horas)	Indicador AE
COR-39	5 284,08	61,50 %
COR-45	5 885,52	68,50 %
COR-46	5 069,28	59,00 %
COR-76	5 355,68	62,33 %
COR-89	4 324,64	50,33 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Como se puede observar en la tabla anterior, el aprovechamiento del equipo más bajo es el de la cortadora 89 con un porcentaje del 50,33 %, esto debido a que presenta gran cantidad de tiempo absorbido por paradas no planeadas.

Tras haber calculado el valor del índice OEE y AE para cada máquina, es posible determinar la Productividad Total Efectiva del Equipo (PTEE), el cual es el último indicador que muestra el estado actual de las máquinas para definir si las acciones de TPM implementadas en la empresa han influido de forma positiva o si aún falta realizar mejoras.

El PTEE es la multiplicación del OEE con el AE y, a continuación, se muestra el procedimiento para calcular este índice en la cortadora 39. Al igual que los apartados anteriores, para las demás máquinas se utilizó el mismo principio:

$$\text{Productividad total del equipo (PTEE)} = \text{OEE} \times \text{AE}$$

$$\text{Productividad total del equipo para COR - 39} = 51,37 \% \times 61,50 \%$$

$$\text{Productividad total del equipo} = 31,60 \%$$

A continuación se presenta una tabla resumen en la que se muestran los valores calculados para los indicadores de OEE y AE, a su vez se dan a conocer los resultados obtenidos para la productividad total del equipo en cada máquina:

Tabla LII. **Determinación de la productividad total del equipo (PTEE)**

Máquina	Indicador OEE	Indicador AE	Productividad total del equipo (PTEE)
COR-39	51,37 %	61,50 %	31,60 %
COR-45	54,42 %	68,50 %	37,28 %
COR-46	54,20 %	59,00 %	31,98 %
COR-76	53,43 %	62,33 %	33,30 %
COR-89	42,38 %	50,33 %	21,33 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

De acuerdo con lo presentado anteriormente, se puede concluir de la productividad real del equipo sigue estando por debajo del 65 %, tal y como lo presentó el OEE, por lo que el rendimiento de las cortadoras es inaceptable porque está produciendo baja competitividad en el mercado de los empaques plásticos flexibles.

2.7. Propuesta de mejora con *lean manufacturing*

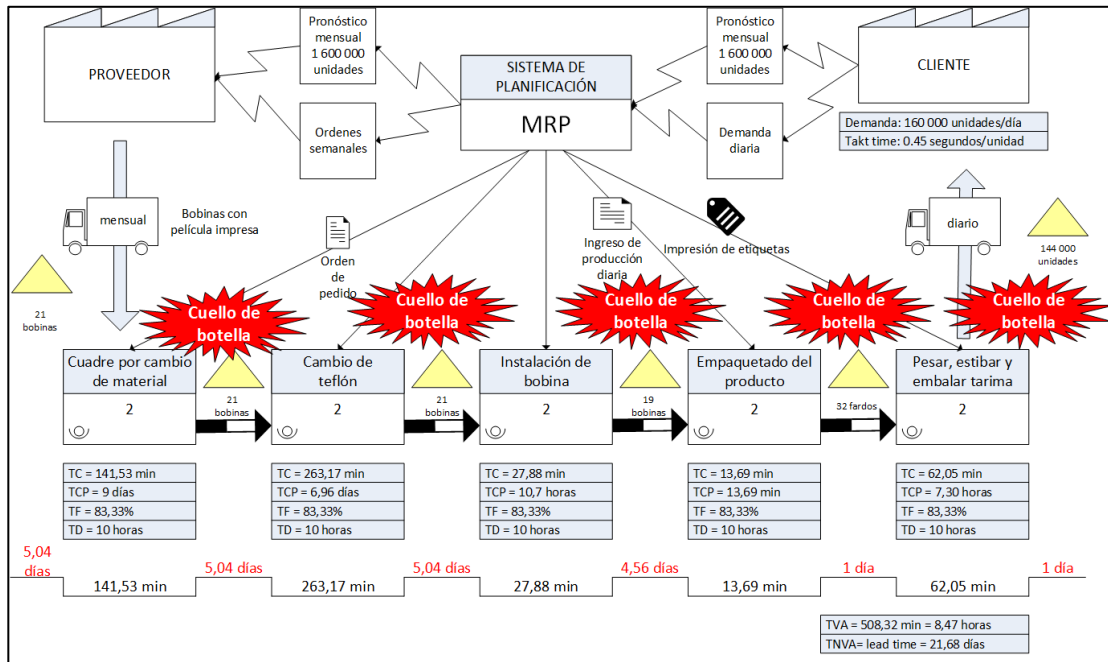
Con base en el diagnóstico realizado, se presenta la propuesta de optimización aplicando las herramientas de *lean manufacturing*.

2.7.1. Mapeo de la cadena de valor futura (VSM)

El mapeo de la cadena de valor actual en el apartado 2.3 da a conocer el diagnóstico de la situación actual de los procesos, por lo tanto, ahora corresponde llevar a cabo la cadena de valor futura para identificar todas las oportunidades de mejora a nivel de procesos y tiempos que existen dentro del mapeo.

Al analizar el VSM actual se determinó que existen cuellos de botella en todos los procesos, ya que el tiempo de ciclo de cada uno de ellos supera el *takt time* de 0,45 segundos/pieza, el cual es el ritmo de producción que se debe llevar para cumplir con la cantidad de producto requerida por el cliente. Además, el tiempo, desde que la materia prima ingresa hasta que el producto final es entregado al cliente (*lead time*), es muy elevado, y el tiempo de actividades que no generan valor supera por mucho el tiempo de las actividades que sí generan valor al proceso.

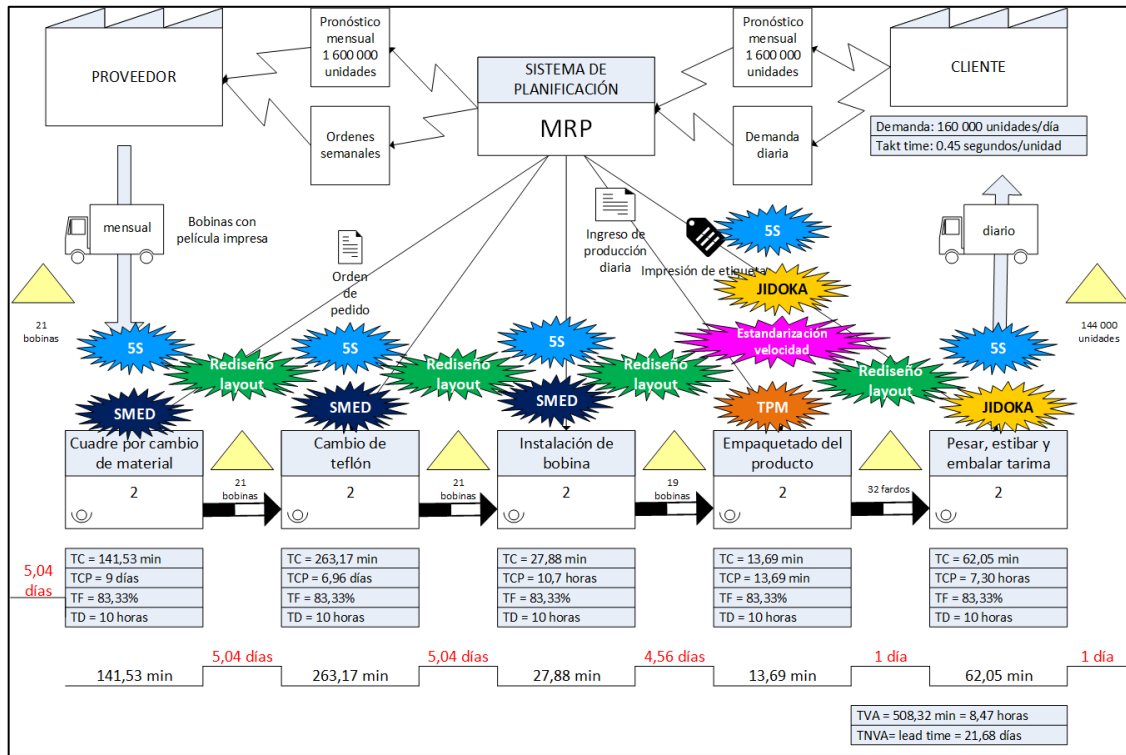
Figura 31. Análisis de las oportunidades de mejora en VSM



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Con base en los cuellos de botella identificados y en los tiempos de valor no añadido mostrados en la figura anterior, se realiza el mapeo de la cadena de valor futura, en donde muestra en qué momentos del proceso se necesita implementar planes de acción de mejora para incrementar la eficiencia. En la figura de abajo, sobre cada cuadro que representa cada proceso se encuentran los estallidos *kaizen* que contienen las herramientas que deberán implementarse en cada una de ellas para mejorar el sistema de producción.

Figura 32. Mapeo de la cadena de valor futura



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.7.2. Implementación de metodología 5S

La metodología de las 5S es el primer paso para un mejor ambiente de trabajo, esto debido a que es una cultura necesaria para que otros sistemas, estrategias o modelos puedan mejorar su funcionamiento y garantizar la calidad del trabajo. Esto se logra a través de incrementar y desarrollar habilidades, disciplina y organización en los colaboradores que forman parte de la organización.

El método se fundamenta en cinco principios que facilitan la dinámica del trabajo, los cuales son: *seiri* (clasificación), *seiton* (ordenar), *seiso* (limpiar), *seiketsu* (estandarizar) y *shitsuke* (disciplina). Cada uno de los términos mencionados contribuye sistemáticamente a la mejora continua y, si uno de ellos no es aplicado correctamente, la filosofía de 5S no reflejará los resultados esperados.

2.7.2.1. Seiri (sentido de clasificación)

Este primer principio requiere realizar un análisis exhaustivo para determinar aquellas cosas, objetos, materiales, herramientas, entre otros, que son necesarios en el área de trabajo y los que no. Es importante que al identificar lo innecesario se lleve a cabo un estudio de causa raíz para identificar la razón por la que en el lugar de trabajo se deja de mantener lo necesario y se recurre a obtener elementos innecesarios.

La eliminación de todo aquello que no es necesario permite la optimización de los ambientes físicos, reduce costos, disminuye el desperdicio y facilita la limpieza del lugar y de los objetos.

2.7.2.1.1. Técnica de *akafuda*

La utilización de tarjetas rojas es una técnica que permite identificar algo innecesario en el lugar de trabajo y se debe tomar una acción correctiva. El tamaño aproximado de la tarjeta debe ser de 3 por 6 pulgadas y de color rojo para que se puedan destacar y detectar fácilmente los elementos que no pertenecen al área en que se encuentran.

Figura 33. Formato de tarjeta roja

Tarjeta Roja 5S
 Departamento de corte
 No. _____

Información general
 Fecha: ___/___/___ Máquina: _____
 Responsable: _____
 Artículo: _____

Categoría

<input type="radio"/> Maquinaria	<input type="radio"/> Materia prima
<input type="radio"/> Herramientas	<input type="radio"/> Producto terminado
<input type="radio"/> Instrumento	<input type="radio"/> Producto en proceso
<input type="radio"/> Artículo personal	<input type="radio"/> Partes de máquina
<input type="radio"/> Otro _____	

Motivo

<input type="radio"/> Inecesario	<input type="radio"/> Contaminante
<input type="radio"/> Defectuoso	<input type="radio"/> Uso desconocido
<input type="radio"/> Desperdicio	<input type="radio"/> Otro _____

Acción sugerida

<input type="radio"/> Eliminar	<input type="radio"/> Enviar a bodega
<input type="radio"/> Reubicar	<input type="radio"/> Devolver a proveedor
<input type="radio"/> Reparar	<input type="radio"/> Otro _____

Comentario: _____
 Fecha de acción: ___/___/___

3" 6"

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

La tarjeta roja está compuesta por 5 apartados:

- Información general: en este apartado se documentará todo lo relacionado con la detección del hallazgo, como la fecha, máquina en donde se encuentra el elemento, la persona que hizo el descubrimiento y el nombre del artículo.
- Categoría: en la categoría se elige el grupo al que pertenece el artículo o elemento innecesario.

- Motivo: es el apartado en el que se da a conocer cuál es la razón por la que el artículo en cuestión debe contener una tarjeta roja para que se lleve a cabo una acción correctiva.
- Acción sugerida: es la acción que la persona que detecta el objeto sugiere para corregir o mejorar el sistema de clasificación.

Es importante recalcar que la tarjeta roja siempre deberá llevar un número correlativo para mantener el control y darles seguimiento a los elementos identificados.

2.7.2.2. Seiton (sentido de ordenar)

Al terminar de decidir cuáles son los objetos, herramientas, materiales, equipos, entre otros, relevantes para que el trabajo se realice, se pasa a determinar un lugar específico para cada artículo y este debe permanecer ahí cuando no esté siendo utilizado para el proceso productivo.

Es importante se replantee nuevamente la pregunta principal de la primera S: ¿qué necesito para trabajar? Esto debido a que durante esta segunda fase se tiene que determinar si se necesita más o menos cantidad de los insumos para realizar el trabajo de forma correcta. De este modo, *seiton* facilita el acceso a los elementos necesarios, proporciona facilidad para realizar la limpieza, se libera el espacio, el ambiente de trabajo es más agradable y se incrementa la seguridad del personal.

Para implementar *seiton* es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla LIII. **Aspectos claves a considerar para ordenar las áreas de trabajo**

Aspecto clave	Descripción
Adaptar el contenedor al contenido	Es importante que las estanterías, cajas y cajones tengan dimensiones acordes al objeto que se almacenará en él para evitar que, debido al exceso de espacio, se almacenen otros objetos innecesarios.
Reducir contenedores directamente en el suelo	Los materiales y herramientas de trabajo necesarias deben ser ubicadas preferiblemente en las mesas de trabajo, estanterías o áreas libres de las máquinas, evitando así, la presencia de contenedores en el suelo que puedan provocar accidentes.
Duplicar herramientas y materiales, si es necesario	Existen herramientas o instrumentos que son utilizados por varios operadores, por lo que es necesario determinar la frecuencia de uso de cada uno para evitar el robo de estos implementos y que se interrumpa el flujo de trabajo.
La materia prima y producto terminado deben tener un lugar definido	Se debe definir el espacio en el que se ubicará la materia prima y el producto terminado, de acuerdo, con el volumen de producción.
Tomar en cuenta los materiales de limpieza	El equipo de limpieza debe tener una ubicación específica y estratégica para evitar que los utensilios se extravíen.
Considerar posibles problemas debido al nuevo ordenamiento	Cuando se decide cambiar la posición actual de los instrumentos o herramientas, se debe tomar en cuenta que dicho cambio puede provocar inconformidad o demoras por parte del personal.

Fuente: elaboración propia.

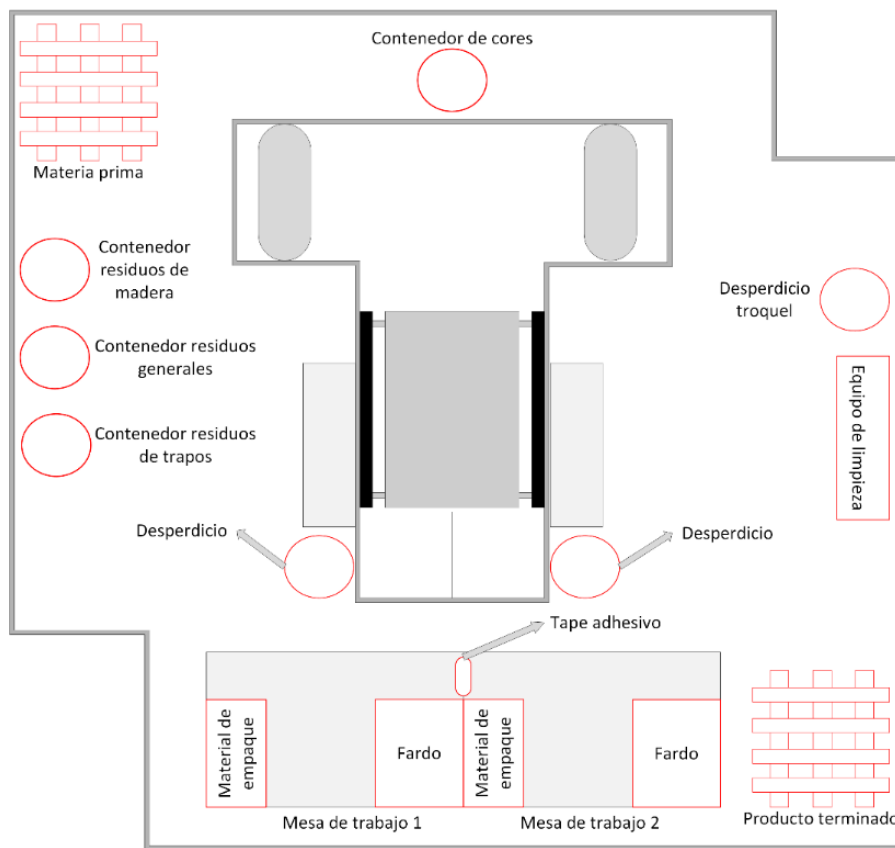
2.7.2.2.1. Reordenamiento del área de trabajo

Las cortadoras de sello lateral actualmente tienen la misma distribución y orden de los insumos, materiales, herramientas, instrumentos, contenedores, mesas de trabajo, tarimas de materia prima y de producto terminado, por lo que se presenta una propuesta general de ordenamiento para la familia de máquinas.

En la figura 35 se da a conocer la propuesta en la que la distribución de los implementos se ubicará de acuerdo al flujo de trabajo, es decir, las tarima de materia prima se situará cercana al eje donde se instalarán las bobinas, la tarima

de materia prima se encontrará al lado de la mesa de trabajo donde se terminan de elaborar los faros, en la parte superior de la mesa de trabajo únicamente se contará con el material necesario para el empaque y, por último, los contenedores de toda clase de residuos, troquel y desperdicio se deben instalar en los alrededores de la máquina para que sean de fácil acceso para los operadores.

Figura 34. **Propuesta de reorganización en cortadoras de sello lateral**

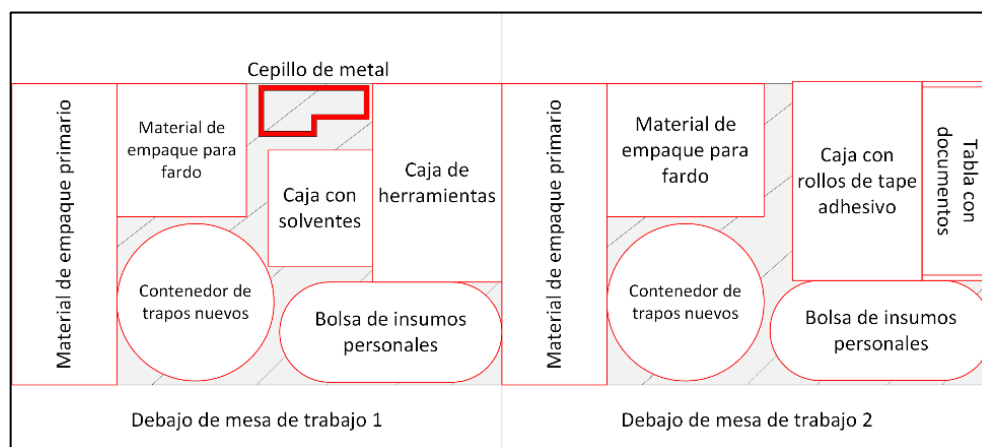


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Por otro lado, en la figura 36 se presenta la organización que debe tener la parte inferior de las mesas de trabajo, en donde se ubicará la caja de

herramientas para realizar los ajustes operativos en las máquinas y el *stock* de material de empaque necesario para el turno de trabajo.

Figura 35. **Propuesta de reorganización en parte inferior de mesas de trabajo de las cortadoras de sello lateral**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.7.2.3. **Seiso (sentido de limpiar)**

Seiso se refiere al sentido de limpiar, más allá de ponerse a limpiar, ya que es una forma de inspección del área de trabajo y evitar tanto la presencia de suciedad como de artículos extraños. Además, es importante que en el proceso de limpieza se busquen continuamente nuevas formas para no ensuciar por medio de la detección de fuentes de suciedad y modificación en las instrucciones de limpieza (cuando sea necesario facilitar el proceso de limpieza).

Para la implantación de *seiso* se debe seguir una serie de pasos para facilitar la creación del hábito de limpieza en los espacios de trabajo, por lo tanto, a continuación, se describe el proceso:

- Paso 1: campaña de limpieza


Como primer paso para la implementación es necesario que la empresa realice una jornada de limpieza en la que se eliminen los elementos innecesarios que se tienen actualmente. Este inicio crea la motivación y sensibilización para crear y mantener un trabajo de limpieza constante, ya que, con esta limpieza previa, las limpiezas posteriores serán más fáciles y el personal operativo percibirá un lugar más agradable para trabajar.

- Paso 2: planificar el mantenimiento de limpieza

Por cada área de trabajo debe existir un responsable de la limpieza y, debido a que por cada máquina de sello lateral hay 6 operadores que se encuentran divididos por parejas en los tres turnos, es necesario asignar la limpieza por turno. Esto con el objetivo de que al finalizar la jornada de trabajo el área de trabajo y la máquina sean entregadas al nuevo turno en condiciones de limpieza óptimas.

Dentro de las actividades de limpieza propuestas en el formato de la figura 40, la limpieza de la estructura de la máquina se realizará cada 4 días, que es el periodo que transcurre entre la entrada de un grupo de operadores hasta la entrada del siguiente. Por lo tanto, el primer día de trabajo en jornada diurna de cada pareja de operadores, les corresponderá la limpieza para liberar a la máquina de polvo y suciedad, y para los demás días la casilla tendrá N/A.

Figura 36. Formato de orden y limpieza por máquina

		FORMATO DE ORDEN Y LIMPIEZA										MÁQUINA COR-45		
Forma de llenar las casillas		√	Se realizó la limpieza											
		x	No se realizó la limpieza											
		N/A	No aplica											
Fecha	Turno	Persona responsable	Firma	Área de trabajo					Máquina				Observaciones	
				Mesa de trabajo	Pasillos	Basureros	Oasis	Contenedores	Estructura	Rodillos	Cabezal	Panel eléctrico		
01/ / _	D													
02/ / _	N									N/A				
03/ / _	D									N/A				
04/ / _	N									N/A				
05/ / _	D													
06/ / _	N									N/A				
07/ / _	D									N/A				
08/ / _	N									N/A				
09/ / _	D													
10/ / _	N									N/A				
11/ / _	D									N/A				
12/ / _	N									N/A				
13/ / _	D													
14/ / _	N									N/A				
15/ / _	D									N/A				
16/ / _	N									N/A				
17/ / _	D													
18/ / _	N									N/A				
19/ / _	D									N/A				
20/ / _	N									N/A				
21/ / _	D													
22/ / _	N									N/A				
23/ / _	D									N/A				
24/ / _	N									N/A				
25/ / _	D													
26/ / _	N									N/A				
27/ / _	D									N/A				
28/ / _	N									N/A				
29/ / _	D													
30/ / _	N													
31/ / _	D									N/A				
Firma de verificación		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4									

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La verificación de la limpieza se llevará a cabo semanalmente por parte de los supervisores del área y, al constatar que la limpieza sí se ha realizado dos veces por día, firmarán para establecer que todo está en orden.

- Paso 3: manual de limpieza

La elaboración del manual es de vital importancia para que el operador conozca a detalle todos los aspectos que se tienen que tomar en cuenta al momento de limpiar el área de trabajo. Dentro del manual de limpieza se deben incluir:

- Los objetivos de mantener un área de trabajo limpia y ordenada.
 - Fotografías del equipo de limpieza con el que se cuenta y para qué área específica se utilizará.
 - Fotografías de las sustancias químicas utilizadas para la limpieza, así como su rombo de seguridad.
 - Fotografías de las zonas, materiales y equipos a limpiar.
 - Indicaciones y fotografías del equipo de protección personal a utilizar en las zonas con riesgo que se limpiarán.
- Paso 4: concienciación de limpieza

Este paso es muy importante, pues permite dar conocer a los operadores que la limpieza y el orden crean un ambiente de trabajo saludable, seguro, se reduce el estrés y la fatiga, por lo que se mejoran los resultados operacionales que beneficiarán, tanto a la empresa como a ellos. Por medio de capacitaciones y retroalimentaciones constantes sobre las ventajas de la limpieza en las áreas de trabajo y los logros obtenidos en el mismo ámbito, se creará un hábito por mantener y mejorar el sistema de limpieza.

2.7.2.4. Seiketsu (sentido de estandarizar)

Con las primeras tres etapas de las 5S se logra disponer de lugares de trabajo que contienen únicamente lo necesario, estos se encuentran ordenados para que el flujo de trabajo sea óptimo y no existan anomalías ocasionadas por la limpieza y posición de los elementos. Sin embargo, es de suma importancia contar con un proceso para conservar lo que se ha conseguido, porque de otra forma se volverán a acumular objetos innecesarios en los puestos de trabajo.

Debido a lo mencionado anteriormente, *seiketsu* brinda la solución para que el personal pueda mantener su área de trabajo limpia y ordenada, preferiblemente mediante un control visual, el cual permitirá distinguir de forma sencilla y rápida una situación anormal, como la ausencia de cualquier elemento dentro del lugar establecido.

El control visual es cualquier medida o dispositivo encargado de comunicar el estado de algo determinado, con el fin de identificar si la situación se encuentra fuera del estándar. Esta metodología tiene una aplicación efectiva, ya que el ser humano tiene gran capacidad de procesar la información de forma visual.

Figura 37. **Ejemplo de aplicación del control visual**



Fuente: CLS Operational Excellence. *Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.*
<https://cls-oe.com/5s-un-lugar-para-cada-cosa-y-cada-cosa-en-su-lugar/>. Consulta: 21 de mayo de 2021.

Para las cortadoras de sello lateral se propone la delimitación e identificación de lugares establecidos para cada contenedor, equipo de limpieza, material de trabajo, herramientas e instrumentos. Para los elementos ubicados directamente en el piso se pintará de color amarillo la silueta del objeto y dentro de ella se encontrará el código de identificación. Por otro lado, para los objetos que se encuentran sobre las mesas de trabajo se seguirá con el mismo principio, únicamente se cambiará a color azul.

La identificación por medio de código se realizará de acuerdo con la asignación de grupos y el tipo de elemento al que se haga referencia, tal y como se muestra en la tabla LIV:

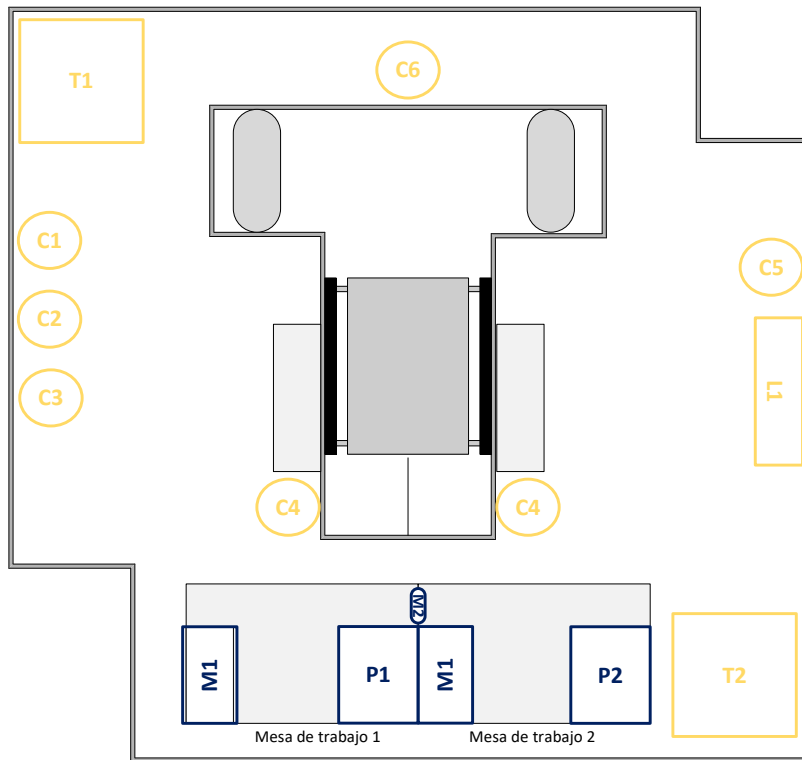
Tabla LIV. **Asignación de códigos para control visual e inventario**

Ubicación	Color	Grupo	Código	Elemento
Directamente sobre el piso	Amarillo	Contenedores	C1	Contenedor residuos de madera
			C2	Contenedor residuos generales
			C3	Contenedor residuos de trapos
			C4	Contenedor de desperdicio
			C5	Contenedor desperdicio de troquel
			C6	Contenedor de cores
		Tarimas	T1	Tarima de materia prima
			T2	Tarima de producto terminado
Equipo de limpieza	L1	Escoba y pala		
Sobre mesas de trabajo	Azul	Material de trabajo	M1	Material de empaque
			M2	Tape adhesivo
			M3	Material de empaque para fardo
		Instrumentos y herramientas de trabajo	E1	Contenedor de trapos nuevos
			E2	Caja con solventes
			E3	Caja de herramientas
			E4	Cepillo de metal
		Elementos varios	V1	Tabla con documentos
V2	Bolsa de insumos personales			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

De acuerdo con la codificación de la tabla anterior, se propone un diseño de distribución de los elementos que se ubicarán en los alrededores de las máquinas en la figura 39. Las letras C, T y L acompañadas de un número indicarán los elementos que se encontrarán directamente sobre el suelo, a su vez, estas letras representan a los contenedores, tarimas y equipo de limpieza, respectivamente. Por otro lado, las letras M, E y V acompañadas por un número representan a los implementos que estarán sobre la mesa de trabajo, de igual forma, estas letras simbolizan el material de trabajo, herramientas y elementos varios, respectivamente.

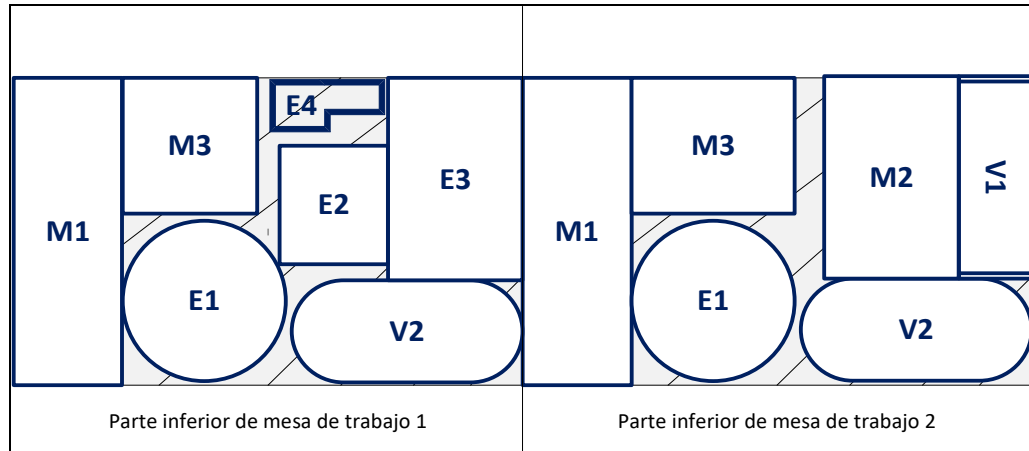
Figura 38. **Gráfico de propuesta para la identificación y delimitación de las áreas para los elementos de trabajo sobre el piso**



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio.

En la figura 40 se continúa con la propuesta de codificación y ubicación de los elementos en la mesa de trabajo, pero en la parte inferior de esta. Las letras M, E y V, que representan material de trabajo, herramientas y elementos varios, respectivamente, serán acompañadas por un número que indica la cantidad de estos utensilios.


Figura 39. **Gráfico de propuesta para la identificación y delimitación de las áreas para los elementos de trabajo en las mesas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

La asignación de códigos a las ubicaciones de los diversos elementos servirá para crear un inventario por máquina, con el objetivo de llevar un control estricto y detectar cuando exista algún faltante. Este control se llevará a cabo por medio de un *check list* en el que los supervisores del área, de forma diaria, registrarán la presencia de los objetos en los lugares asignados, además de verificar que el material y herramientas que se encuentran dentro de las cajas y contenedores correspondan a cada identificación.

Figura 40. Propuesta para inspeccionar la correcta ubicación de los elementos

		FORMATO DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS						MÁQUINA COR-45																				
<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">Forma de llenar las casillas</td> <td>√</td> <td>Se encuentra en su lugar</td> </tr> <tr> <td>x</td> <td>No se encuentra en su lugar</td> </tr> <tr> <td>N/A</td> <td>No aplica</td> </tr> </table>		Forma de llenar las casillas	√	Se encuentra en su lugar	x	No se encuentra en su lugar	N/A	No aplica	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Códigos</th> </tr> <tr> <td>Contenedores</td> <td>C1,C2, C3,C4, C5,C6</td> </tr> <tr> <td>Tarimas</td> <td>T1,T2</td> </tr> <tr> <td>Equipo de limpieza</td> <td>L1</td> </tr> <tr> <td>Material de trabajo</td> <td>M1,M2, M3</td> </tr> <tr> <td>Instrumentos y herramientas</td> <td>E1,E2, E3,E4</td> </tr> <tr> <td>Elementos varios</td> <td>V1,V2</td> </tr> </table>						Códigos		Contenedores	C1,C2, C3,C4, C5,C6	Tarimas	T1,T2	Equipo de limpieza	L1	Material de trabajo	M1,M2, M3	Instrumentos y herramientas	E1,E2, E3,E4	Elementos varios	V1,V2
Forma de llenar las casillas	√		Se encuentra en su lugar																									
	x		No se encuentra en su lugar																									
	N/A	No aplica																										
Códigos																												
Contenedores	C1,C2, C3,C4, C5,C6																											
Tarimas	T1,T2																											
Equipo de limpieza	L1																											
Material de trabajo	M1,M2, M3																											
Instrumentos y herramientas	E1,E2, E3,E4																											
Elementos varios	V1,V2																											
Fecha	Persona responsable	Firma	Contenedores	Tarimas	Equipo de limpieza	Material de trabajo	Instrumentos y herramientas	Elementos varios	Observaciones																			
01/ /																												
02/ /																												
03/ /																												
04/ /																												
05/ /																												
06/ /																												
07/ /																												
08/ /																												
09/ /																												
10/ /																												
11/ /																												
12/ /																												
13/ /																												
14/ /																												
15/ /																												
16/ /																												
17/ /																												
18/ /																												
19/ /																												
20/ /																												
21/ /																												
22/ /																												
23/ /																												
24/ /																												
25/ /																												
26/ /																												
27/ /																												
28/ /																												
29/ /																												
30/ /																												
31/ /																												

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.7.2.5. **Shitsuke (sentido de disciplina)**

Dentro de la filosofía de las 5S, la disciplina es el principio fundamental para mantener todos los beneficios logrados con los primeros cuatro pasos, por tanto, si en el lugar de trabajo no se mantiene el sentido de disciplina, no se verán resultados positivos en cuanto al incremento de eficiencia, calidad y nivel de seguridad.

Shitsuke implica convertir los métodos y estándares establecidos en hábitos difíciles de cambiar y que busquen continuamente la mejora de los procesos implementados. Para la implementación de la disciplina se debe pasar por dos fases: imposición y autodisciplina.

Tabla LV. **Fases para la implementación de *shitsuke***

Fases de <i>shitsuke</i>.	
Fase 1	Fase 2
Imposición	Autodisciplina
Durante la primera fase la disciplina es necesaria para el personal inicie con la aplicación de la metodología por medio del seguimiento de las nuevas normas implantadas.	A medida que la fase de imposición avanza, el cumplimiento de las normas se realiza de una forma más natural y es el momento exacto en el que se logra la autodisciplina. Esta fase es el objetivo primordial, pues la autodisciplina es la mejor manera de mantener el estándar.


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La implementación de *shitsuke* implica: el respeto por las normas y estándares para conservar las áreas de trabajo en condiciones óptimas, promover el hábito de auditar para conocer el nivel de cumplimiento, respetar los canales de comunicación, respetar a los demás cuando se encuentren en el cumplimiento de las normas y mejorar continuamente.

2.7.2.5.1. Auditoría interna 5S


Como parte de la disciplina, la mejor estrategia es la auditoría interna de 5S, debido a que permite evaluar la eficacia de los estándares implantados por medio de la puntuación a preguntas o ítems sobre las buenas prácticas. Si las auditorías no se llevan a cabo, la implementación de la filosofía para conservar la limpieza y el orden en los lugares de trabajo no tendrá éxito, por lo tanto, dichas evaluaciones se deberán realizar una vez al mes, mientras se establecen de forma óptima las 5S, y una vez se encuentren instauradas de forma correcta, la auditoría se llevará a cabo dentro de 4 a 6 meses.

Figura 41. **Formato para el registro de auditoría de la primera S (clasificación)**

		AUDITORÍA 5S				Máquina COR-45																																																																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="10">Sistema de puntuación</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td colspan="9">Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td colspan="9">Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td colspan="9">Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td colspan="9">Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%</td> </tr> </table>										Sistema de puntuación										0	Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio									1	Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%									2	Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%									3	Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%																																						
Sistema de puntuación																																																																																									
0	Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio																																																																																								
1	Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%																																																																																								
2	Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%																																																																																								
3	Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%																																																																																								
1S		Criterio de evaluación				Puntuación																																																																																			
						0	1	2	3																																																																																
Clasificación	1	El piso está libre de elementos no deseados																																																																																							
	2	Se almacenan los artículos en las cajas y contenedores asignados																																																																																							
	3	Las cajas y contenedores están identificados																																																																																							
	4	Se cuenta únicamente con lo necesario para trabajar																																																																																							
	5	Los objetos personales se encuentran dentro de la “bolsa de objetos personales”																																																																																							
	6	Las paredes están libres de carteleras, avisos o fotografías en mal estado																																																																																							
	7	La apariencia general del área de trabajo presenta orden																																																																																							
<table border="1"> <tr> <th colspan="10">Hallazgos <small>(colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)</small></th> </tr> <tr><td>1</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>2</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>3</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>4</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>5</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>6</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>7</td><td colspan="9"></td></tr> </table>										Hallazgos <small>(colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)</small>										1										2										3										4										5										6										7									
Hallazgos <small>(colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)</small>																																																																																									
1																																																																																									
2																																																																																									
3																																																																																									
4																																																																																									
5																																																																																									
6																																																																																									
7																																																																																									
<table border="1"> <tr> <th colspan="10">Auditoría realizada por:</th> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;"> <hr/> Nombre </td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;"> <hr/> Firma </td> </tr> </table>										Auditoría realizada por:										<hr/> Nombre										<hr/> Firma																																																											
Auditoría realizada por:																																																																																									
<hr/> Nombre																																																																																									
<hr/> Firma																																																																																									

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 42. **Formato para el registro de auditoría de la segunda S (orden)**

		AUDITORÍA 5S				Máquina COR-45				
Sistema de puntuación										
0 Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio										
1 Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%										
2 Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%										
3 Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%										
2S		Criterio de evaluación					Puntuación			
							0	1	2	3
Orden	1	Los instrumentos, herramientas y equipo se encuentran identificados								
	2	Las cajas, contenedores y demás elementos están dentro de los límites marcados								
	3	Se cumple con la señalización de los pasillos								
	4	Se cuenta únicamente con lo necesario para trabajar								
	5	Las áreas de producto terminado y materia prima están identificadas								
	6	La codificación de áreas por colores se utiliza correctamente								
	7	Es fácil encontrar cualquier elemento sin retraso								
Hallazgos (colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
Auditoría realizada por:										
<hr/> Nombre										
<hr/> Firma										


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 43. **Formato para el registro de auditoría de la tercera S (limpieza)**

		AUDITORÍA 5S				Máquina COR-45																																																																																																							
<table border="1"> <tr> <th colspan="5" style="text-align: left;">Sistema de puntuación</th> </tr> <tr> <td style="width: 20px;">0</td> <td colspan="4">Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td colspan="4">Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td colspan="4">Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td colspan="4">Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%</td> </tr> </table>										Sistema de puntuación					0	Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio				1	Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%				2	Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%				3	Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%																																																																														
Sistema de puntuación																																																																																																													
0	Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio																																																																																																												
1	Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%																																																																																																												
2	Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%																																																																																																												
3	Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%																																																																																																												
3S		Criterio de evaluación				Puntuación																																																																																																							
						0	1	2	3																																																																																																				
Limpieza	1	El formato de limpieza está al alcance de todos																																																																																																											
	2	Se cumple con la documentación y registro de formatos anteriores donde se justifique la limpieza																																																																																																											
	3	El equipo de limpieza se utiliza de forma correcta																																																																																																											
	4	El equipo de limpieza se encuentra en mal estado																																																																																																											
	5	La máquina y herramientas están libres de polvo																																																																																																											
	6	El desperdicio general se encuentra en el lugar asignado																																																																																																											
	7	El desperdicio de troquel se encuentra en el lugar asignado																																																																																																											
	8	Los contenedores de desperdicio y basura se encuentran en buen estado e identificados																																																																																																											
	9	Piso y paredes con aparecía limpia																																																																																																											
	<table border="1"> <tr> <th colspan="10">Hallazgos <small>(colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)</small></th> </tr> <tr><td style="width: 20px;">1</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>2</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>3</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>4</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>5</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>6</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>7</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>8</td><td colspan="9"></td></tr> <tr><td>9</td><td colspan="9"></td></tr> </table>										Hallazgos <small>(colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)</small>										1										2										3										4										5										6										7										8										9								
Hallazgos <small>(colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)</small>																																																																																																													
1																																																																																																													
2																																																																																																													
3																																																																																																													
4																																																																																																													
5																																																																																																													
6																																																																																																													
7																																																																																																													
8																																																																																																													
9																																																																																																													
<table border="1"> <tr> <th colspan="10">Auditoría realizada por:</th> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;"> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p style="text-align: center;">Nombre</p> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p style="text-align: center;">Firma</p> </td> </tr> </table>										Auditoría realizada por:										<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p style="text-align: center;">Nombre</p> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p style="text-align: center;">Firma</p>																																																																																									
Auditoría realizada por:																																																																																																													
<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p style="text-align: center;">Nombre</p> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p style="text-align: center;">Firma</p>																																																																																																													


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 44. **Formato para el registro de auditoría de la cuarta S (estandarización)**

		AUDITORÍA 5S				Máquina COR-45																																																																																												
<table border="1"> <tr> <th colspan="10">Sistema de puntuación</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td colspan="9">Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td colspan="9">Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td colspan="9">Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td colspan="9">Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%</td> </tr> </table>										Sistema de puntuación										0	Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio									1	Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%									2	Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%									3	Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%																																															
Sistema de puntuación																																																																																																		
0	Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio																																																																																																	
1	Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%																																																																																																	
2	Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%																																																																																																	
3	Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%																																																																																																	
4S		Criterio de evaluación						Puntuación																																																																																										
								0	1	2	3																																																																																							
Estandarización	1	El formato de ubicación de los elementos es llenado de forma correcta por supervisores																																																																																																
	2	Se cumple con la documentación y registro de formatos anteriores donde se justifique la correcta ubicación de los elementos																																																																																																
	3	El código de colores por área se cumple																																																																																																
	4	El área de trabajo cuenta con iluminación y ventilación																																																																																																
	5	Los operadores utilizan todo el EPP y de forma correcta																																																																																																
	6	El uniforme está en óptimas condiciones																																																																																																
	7	Los estándares son conocidos por el personal operativo																																																																																																
<table border="1"> <tr> <th colspan="11">Hallazgos (colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td colspan="10"></td> </tr> </table>											Hallazgos (colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)											1											2											3											4											5											6											7										
Hallazgos (colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)																																																																																																		
1																																																																																																		
2																																																																																																		
3																																																																																																		
4																																																																																																		
5																																																																																																		
6																																																																																																		
7																																																																																																		
<table border="1"> <tr> <th colspan="11">Auditoría realizada por:</th> </tr> <tr> <td colspan="11" style="text-align: center;"> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Nombre</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="11" style="text-align: center;"> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Firma</p> </td> </tr> </table>											Auditoría realizada por:											<hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Nombre</p>											<hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Firma</p>																																																																	
Auditoría realizada por:																																																																																																		
<hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Nombre</p>																																																																																																		
<hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;">Firma</p>																																																																																																		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 45. **Formato para el registro de auditoría de la quinta S (disciplina)**

		AUDITORÍA 5S				Máquina COR-45			
Sistema de puntuación									
0 Inexistencia – no se aprecia cumplimiento al criterio									
1 Insuficiencia – el grado de cumplimiento es menor al 50%									
2 Adecuado – el grado de cumplimiento está entre 51% y 94%									
3 Excelente – el grado de cumplimiento está entre el 95% al 100%									
5S		Criterio de evaluación				Puntuación			
						0	1	2	3
Disciplina	1	El apoyo por parte de supervisores y jefes del área es constante en cuanto a la aplicación de 5S							
	2	Se evidencia que las primeras 3S se han convertido en parte del trabajo cotidiano							
	3	Se evidencia la búsqueda de la mejora continua en cuanto a la aplicación los estándares actuales							
	4	En las área de trabajo hay información disponible (carteles, fotografías, etc.) sobre el avance y las ventajas obtenidas al aplicar las normas de 5S							
	5	Se evidencia la realización de reuniones se seguimientos al programas de 5S							
	6	Existen registros que fundamenten la enseñanza continua sobre los programas de 5S a los operadores							
	7	El uniforme está en óptimas condiciones							
	8	Los hallazgos encontrados en la auditoría anterior fueron solventados al 100%							
	Hallazgos (colocar los hallazgos encontrados de acuerdo con el ítem del criterio de evaluación)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
Auditoría realizada por:									
_____ Nombre									
_____ Firma									

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Dentro del formato para cada una de las eses, se debe colocar una X o un cheque para marcar la calificación que se le dará a cada criterio de acuerdo con

el sistema de puntuación especificado. La auditoría debe ir acompañada de un diagrama visual llamado diagrama radial, para percibir fácilmente la situación en la que se encuentra la persona o área de trabajo auditada, por lo tanto, se propone en la figura 50 una forma sencilla de tabular los datos en el programa de Excel para obtener el diagrama. El objetivo de este diagrama es alejarse del centro y acercarse al 100 % en cada una de las 5S, ya que esto representa un cumplimiento total en la implementación de cada principio.

Figura 46. Formato para la tabulación de datos para obtener el diagrama radial

Etapas	Criterio de evaluación	Puntuación					Etapas	Criterio de evaluación	Puntuación				
		COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89			COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Clasificar	El piso está libre de elementos no deseados						Orden	Los instrumentos, herramientas y equipo se encuentran identificados					
	Se almacenan los artículos en las cajas y contenedores asignados							Las cajas, contenedores y demás elementos están dentro de los límites marcados					
	Las cajas y contenedores están identificados							Se cumple con la señalización de los pasillos					
	Se cuenta únicamente con lo necesario para trabajar							Se cuenta únicamente con lo necesario para trabajar					
	Los objetos personales se encuentran dentro de la "bolsa de objetos personales"							Las áreas de producto terminado y materia prima están identificadas					
	Las paredes están libres de carteleros, avisos o fotografías en mal estado							La codificación de áreas por colores se utiliza correctamente					
	La apariencia general del área de trabajo presenta orden							Es fácil encontrar cualquier elemento sin retraso					
	Total suma algebraica						Total suma algebraica						
	Porcentaje de cumplimiento						Porcentaje de cumplimiento						
Limpieza	El formato de limpieza está al alcance de todos						Estandarización	El formato de ubicación de los elementos es llenado de forma correcta por supervisores					
	Se cumple con la documentación y registro de formatos anteriores donde se justifique la limpieza							Se cumple con la documentación y registro de formatos anteriores donde se justifique la correcta ubicación de los elementos					
	El equipo de limpieza se utiliza de forma correcta							El código de colores por área se cumple					
	El equipo de limpieza se encuentra en mal estado							El área de trabajo cuenta con iluminación y ventilación					
	La máquina y herramientas están libres de polvo							Los operadores utilizan todo el EPP y de forma correcta					
	El desperdicio general se encuentra en el lugar asignado							El uniforme está en óptimas condiciones					
	El desperdicio de troquel se encuentra en el lugar asignado							Los estándares son conocidos por el personal operativo					
	Total suma algebraica						Total suma algebraica						
	Porcentaje de cumplimiento						Porcentaje de cumplimiento						
Disciplina	El apoyo por parte de supervisores y jefes del área es constante en cuanto a la aplicación de 5S						Cumplimiento de 5S						
	Se evidencia que las primeras 3S se han convertido en parte del trabajo cotidiano												
	Se evidencia la búsqueda de la mejora continua en cuanto a la aplicación los estándares actuales												
	En las áreas de trabajo hay información disponible (carteles, fotografías, etc.) sobre el avance y las ventajas obtenidas al aplicar las normas de 5S												
	Se evidencia la realización de reuniones de seguimientos al programas de 5S												
	Existen registros que fundamenten la enseñanza continua sobre los programas de 5S a los operadores												
	El uniforme está en óptimas condiciones												
	Total suma algebraica												
	Porcentaje de cumplimiento												

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.7.3. Implementación de metodología *jidoka*

La herramienta de *jidoka* también es conocida como automatización con enfoque humano y es un pilar importante dentro de la manufactura esbelta, porque gracias a la construcción con calidad se garantiza que no se recibirán, no se harán y no se pasarán defectos a la siguiente estación.

En cuanto a la automatización con enfoque humano, se busca que el operador que esté a cargo del proceso tenga el empoderamiento necesario para conocer cuándo y cómo detener la línea de producción de acuerdo con las circunstancias que se presenten, para posteriormente activar un sistema de análisis de solución de problemas, con el fin de asegurar que se ataca la causa raíz de dichos inconvenientes y se elimina la recurrencia por completo.

El objetivo de la implementación de *jidoka* es brindar un mecanismo de autocontrol de calidad a los procesos, por lo tanto cuando se presente un acontecimiento inusual, estos se detendrán de forma automática o manual para disminuir la cantidad de unidades defectuosas durante el proceso. De esta forma se puede mencionar que, dentro de esta metodología, se encuentran las herramientas de *poka-yoke* y Andon como elementos fundamentales para garantizar la calidad del producto mediante las estrategias planteadas por cada una de ellas.

Para lograr disminuir la presencia de defectos y la recurrencia de estos, es necesario que *jidoka* se implemente por medio de los siguientes pasos: detectar la anomalía, parar la producción, emitir una alerta, corregir el problema mediante soluciones rápidas y, por último, investigar y corregir la causa raíz.

- Detección de la anomalía

Como primer paso se tiene la localización del problema o anomalía, la cual puede ser detectada por los operadores de la máquina, quienes tienen la autoridad para tomar la decisión de parar la línea de producción y realizar acciones que permitan la reanudación del proceso de fabricación.

Por otro lado, la detección también se puede realizar de forma mecánica por medio de sistemas luminosos o sonoros de aviso que estén instalados en las máquinas. Para este caso en específico es donde se incluye la implementación de los mecanismos denominados Andon y *poka-yoke*, los cuales están diseñados para detectar la anomalía y alertar al operador para que tome las acciones necesarias de acuerdo con el evento que se presenta.

Como parte del análisis realizado dentro del proceso de sello lateral, se documentaron los defectos con mayor incidencia en el producto y que tienen mayor porcentaje de reclamos por parte de los clientes, esto con el fin de tener una idea general de cuáles serán las anomalías más frecuentes que se detectarán mediante las herramientas de Andon y *poka-yoke*.

Tal y como se observa en la tabla LVI, el top tres de los defectos con mayor presencia se deben a que el corte o sello es débil, las perforaciones mecánicas tienen el residuo denominado troquel y el precorte presenta dureza, lo que impide que la bolsa sea desprendida del *wicket* utilizado por el cliente. Por otro lado, en las cortadoras 39, 45, 46 y 76 no se presentan fallas relacionadas con la resistencia o las medidas del fuelle, ya que, en dichas máquinas la frecuencia de fabricación de productos con esta característica es muy baja, sin embargo, en la cortadora 89 se observa la presencia de estos defectos porque es la que absorbe la mayor producción de bolsas con fuelle.

Tabla LVI. **Porcentaje de defectos en el producto por máquina**

Defectos	Porcentaje de incidencia por máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Corte / sello débil	41 %	50 %	48 %	44 %	37 %
Perforaciones mecánicas con troquel	15 %	12 %	10 %	20 %	29 %
Pre corte duro	9 %	15 %	18 %	11 %	3 %
Residuos de resina a lo largo del sello de la bolsa	11 %	9 %	7 %	9 %	14 %
Medidas inexactas	6 %	7 %	4 %	9 %	5 %
Perforaciones manuales impiden abrir la bolsa	9 %	2 %	5 %	3 %	2 %
Paquete de bolsas desordenadas	4 %	3 %	5 %	3 %	2 %
Pre corte con medidas inexactas	5 %	2 %	3 %	1 %	3 %
Fuelle débil	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %
Fuelle con medidas inexactas	0 %	0 %	0 %	0 %	4 %

Fuente: elaboración propia.

- **Paro en la producción**

Como segundo paso dentro de la implementación de *jidoka*, se tiene establecido que la producción debe de ser detenida luego de detectar cualquier desviación en las especificaciones del producto. El operador encargado de la máquina en la que se presente el fallo es el que tiene la responsabilidad y la obligación de llevar a cabo el paro de línea de producción.

En el caso de las cortadoras de sello lateral, se cuenta con dos líneas de producción por máquina, por lo tanto, si únicamente una de las líneas presenta inconvenientes, no es necesario que ambas dejen de producir por el inconveniente. Por otro lado, si para solventar la anomalía se requiere de más de una persona debido a la complejidad de las acciones, el ayudante que está en la segunda línea debe dejar de producir y brindar apoyo durante el proceso de solución.

- Emisión de alerta

Durante el tercer paso se emite una señal de alerta para dar a conocer a los supervisores y a los demás operadores sobre la aparición del problema en determinada máquina.

El sistema de alerta puede ser manual o automático y, por medio de un sistema de luces, por lo tanto, para el caso del proceso de sello lateral, este paso se lleva a cabo con ayuda del sistema de luces Andon, que se activará en cuanto el operador presione el botón de acuerdo con el color que se acople al estado de la situación en la que se encuentra su máquina.

- Corrección del problema mediante soluciones rápidas

Luego de dar a conocer que la máquina presenta anomalías que están afectando la calidad del producto y, por ende, la producción, es vital que los operadores realicen la corrección del problema por medio de acciones rápidas que ataquen y disminuyan el efecto de la anomalía para poder continuar con la producción en la máquina, mientras se encuentra una solución definitiva.


- Investigar y corregir la causa raíz

El último paso para implementar *jidoka* es de suma importancia, pues brinda la solución definitiva al problema y evita la reincidencia del evento anormal en un futuro al conocer cuál fue la causa raíz que provocó la desviación en el producto.

La investigación y corrección de la causa raíz debe ser realizada en conjunto con los operadores y supervisores del área, ya que ellos son los que tienen mayor conocimiento sobre el funcionamiento de las máquinas y los efectos

presentados en el producto como consecuencia del fallo. De igual forma, como evidencia de este análisis los supervisores deben realizar un informe en el que se detallan todos los aspectos relacionados con las anomalías que afectan la calidad del producto, desde su detección hasta su solución definitiva, tal y como se presenta en la figura 48.

Figura 47. **Formato para la elaboración del reporte final sobre las anomalías que afectan la calidad del producto**

		REPORTE FINAL DE ANOMALÍAS EN EL PRODUCTO		Área: _____ Máquina: _____ Fecha: _____ Líder del análisis: _____		
Paso 1: detección de la anomalía Definición del problema: _____ ¿Hay variaciones al proceso? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ¿Hay defectos en el producto? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ¿Cómo se detectó la _____				Paso 2: paro de la producción Tiempo total de paro por anomalía: _____		
Paso 4: corrección del problema mediante soluciones rápidas				Paso 3: emisión de alerta ¿Se obtuvo ayuda al emitir la alerta? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
¿Cuáles fueron las soluciones rápidas realizadas?	Lista de soluciones	Esfuerzo	Impacto	Responsable de ejecutar la solución		
Paso 5: investigar y corregir la causa raíz Usar al menos 2 herramientas como mínimo para presentar el problema en la clase siguiente (5Ws y 1H, histogramas, tendencias, paretos, diagramas de flujo, gráficos de control)						
Herramientas de recopilación de información	Herramienta 1		Herramienta 2			
Definir las causas probables	Espina de pezcado					
Análisis de la causa raíz	Causa probable	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Causa raíz
Soluciones definitivas	Lista de soluciones	Esfuerzo	Impacto	Responsable de ejecutar la solución		
Evaluación de resultados Fecha: _____ Se eliminó el problema: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			Verificación Nombre: _____ Firma: _____			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.7.3.1. Aplicación de la metodología *poka-yoke*

La herramienta de *poka-yoke* es un sistema que complementa a *jidoka*, ya que su aplicación busca detectar y corregir los errores antes de que ocurran, es por lo que también se le conoce como un sistema a prueba de errores.

Para implementar *poka-yoke* en el proceso de sello lateral se debe implementar un sistema controlado en el que no se produzcan defectos y que se impida la realización de errores por parte de los operadores. Para iniciar con este proceso es necesario conocer y definir los defectos que ocurren con mayor frecuencia, tal y como se presenta en la tabla LVII, para luego determinar a qué tipo de error se debe cada una de las desviaciones que ocurren en el producto.

Los errores existentes dentro de los procesos de sello lateral se pueden clasificar en 9 tipos, lo cuales se presentarán dependiendo del tipo de acciones que los operadores realicen durante el proceso de fabricación del producto.

Tabla LVII. Tipos de errores

No.	Tipo de error	Descripción
1	Desconocimiento o inexperiencia	Funcionamiento incorrecto de las máquinas por falta de información o por inexperiencia en la operación.
2	Olvido	El operador no recuerda determinados pasos o métodos para realizar el ensamble de piezas o cambio de herramientas.
3	Identificación	Falta de distinción de ciertos elementos se puede producir un montaje incorrecto en las máquinas.
4	Lentitud	Los productos se deterioran o se encuentran fuera de las especificaciones porque el operador tarda mucho tiempo en realizar las tareas.
5	Voluntario	El operador ignora los procedimientos estándar y las normas por creer que no causará ningún daño.
6	Inadvertencias	Las distracciones pueden provocar que el operador confunda las herramientas, elementos o piezas.

Continuación de la tabla LVIII.

7	Sorpresa	Las máquinas pueden funcionar defectuosamente sin presentar anomalías.
8	Falta de un estándar	No existe un procedimiento o medidas estándar de cómo se debe trabajar.
9	Intencionales	Errores que cometen los operadores para sabotear la producción.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Al conocer los tipos de errores se procede a examinar cada defecto para determinar cuál es el tipo de fallo que provoca las desviaciones de las especificaciones en los productos. Por lo tanto, en la tabla que se presenta a continuación se muestra la relación que existe entre los defectos con los tipos de errores, para luego establecer las estrategias a seguir con el fin de eliminarlos antes de que vuelvan a suceder dentro de las líneas de producción.

Tabla LVIII. **Determinación de los errores que provocan los defectos en el proceso de sello lateral**

Defectos	Errores								
	Desconocimiento o inexperiencia	Olvido	Identificación	Lentitud	Voluntario	Inadvertencia	Sorpresa	Falta de un estándar	Intencional
Corte / sello débil								X	
Perforaciones mecánicas con troquel					X				
Pre corte duro					X				
Residuos de resina a lo largo del sello de la bolsa								X	
Medidas inexactas	X								
Perforaciones manuales impiden abrir la bolsa					X				

Continuación de la tabla LVIII.

Paquete de bolsas desordenadas							X		
Pre corte con medidas inexactas							X		
Fuelle débil								X	
Fuelle con medidas inexactas			X						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Como se puede observar en la tabla de anterior, el error de la falta de un estándar en el proceso provoca que el sello o corte no sea resistente al peso, que la bolsa contenga restos de resina derretida a lo largo del sello y que el fuelle sea débil. Por otro lado, el error voluntario es la causa de que las perforaciones mecánicas contengan el residuo de troquel, que el precorte esté duro y que las perforaciones manuales impidan abrir la bolsa. Por lo tanto, estos dos errores son los que hay que combatir con prioridad porque son los que provocan la mayor cantidad de defectos en el producto terminado.

Tras definir cuáles son los errores que provocan cada uno de los defectos, se procede a elegir el método o función reguladora con la que se implementará el sistema *poka-yoke*, de acuerdo con las necesidades de cada uno de los defectos. Los métodos que pueden utilizarse son:

- Método de control: este método utiliza sistemas que permitan el bloqueo o paro del funcionamiento de las máquinas para prevenir que el defecto se siga produciendo y afectando una mayor cantidad de producto.
- Método de advertencia: este método, a diferencia del anterior, únicamente advierte al operador sobre las anomalías que suceden por medio de hacer un llamado de atención luminoso o sonoro.

Dentro de los métodos de control y de advertencia se deben tomar en cuenta los métodos de medición, de acuerdo con los tipos de medidores existentes. El primero de estos es la medición de contacto, la cual consiste en un dispositivo sensitivo que detecta las anomalías en el producto, es decir que por medio del contacto con pieza fabricada el dispositivo realizará la acción para la que fue diseñada con el fin de evitar la producción con defectos.

Por otro lado, existe la medición de valor fijo, en la que los defectos son detectados a través de las inspecciones realizadas a cierta cantidad de piezas producidas porque se conoce que, al repetirse el proceso determinada cantidad de veces, los fallos se han presentes. Por último, la medición de paso-movimiento realiza la detección de defectos por medio de las inspecciones de los errores en movimiento predeterminados.

Para englobar el método de control y de advertencia con las mediciones de contacto, valor fijo y paso-movimiento, se presenta la propuesta para llevar a cabo cada uno de los métodos y mediciones de acuerdo con las características de los defectos que ocurren en la línea de producción de sello lateral.

Tabla LIX. **Propuesta de aplicación de los métodos y tipos de medición**

Defecto	Tipo de método	Tipo de medición
Corte / sello débil	Método de control	Medición de contacto
Perforaciones mecánicas con troquel	Método de advertencia	Medición de valor fijo
Precorte duro	Método de control	Medición de contacto
Residuos de resina a lo largo del sello de la bolsa	Método de control	Medición de contacto
Medidas inexactas	Método de control	Medición de contacto
Perforaciones manuales impiden abrir la bolsa	Método de advertencia	Medición de valor fijo

Continuación de la tabla LIX.

Paquete de bolsas desordenadas	Método de advertencia	Medición de valor fijo
Precorte con medidas inexactas	Método de control	Medición de contacto
Fuelle débil	Método de control	Medición de contacto
Fuelle con medidas inexactas	Método de control	Medición de contacto

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Es importante que para lograr la meta de cero errores por medio de la implementación de *poka-yoke* se identifique la fuente del error y del defecto para determinar la solución definitiva que impida la reincidencia. Esto se debe realizar con ayuda del formato propuesto para el sistema *jidoka* en la figura 48.


2.7.3.2. Aplicación del sistema Andon

El sistema Andon es una herramienta que se aplica dentro del principio de *jidoka*, ya que su función es dar aviso de cualquier inconveniente que suceda en la máquina. Una vez se da la señal de alarma, los responsables deben acudir para corregir y evitar que el error suceda nuevamente, por lo tanto, el sistema Andon tiene como principal función comunicar por medio de luces o sonidos el estado de funcionamiento de la maquinaria.

En las máquinas de sello lateral se recomienda instalar una torre de iluminación de Andon por cada máquina y que esté configurada para activarse manualmente cuando el operador considere que debe cambiar de luz, de acuerdo con el funcionamiento de la línea de producción. De igual forma, la acción manual de las torres de luces proporcionará comunicación en tiempo real con los operadores, supervisores y jefes, además de aumentar la responsabilidad de los operadores debido a que se garantiza que la calidad de la producción sea alta y se evite a toda costa la aparición de inconvenientes.

Las torres de luces Andon deberán tener los siguientes colores, de acuerdo con el estado o condición que representan:

Figura 48. **Configuración y significado de las luces Andon**

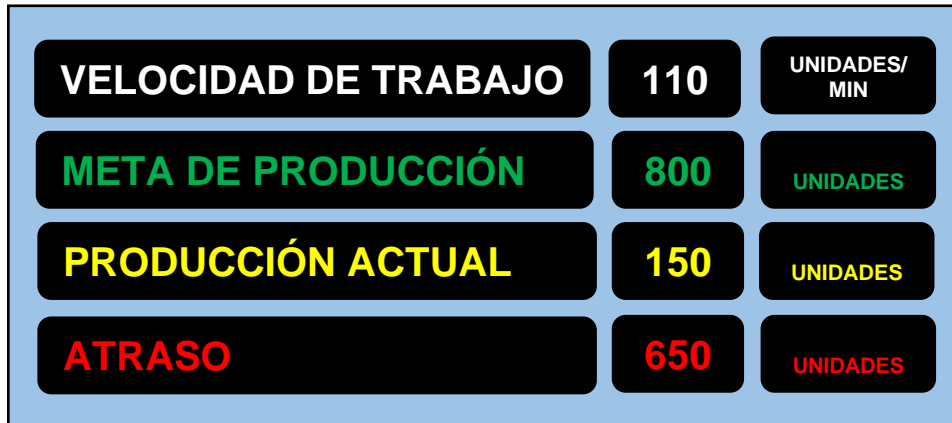
	Rojo	Máquina detenida por desperfectos mecánicos
	Amarillo	Advertencia de un posible fallo en la máquina
	Verde	Máquina opera correctamente
	Azul	Producto defectuoso
	Blanco	Cuadre por cambio de producto
	Sin luz	En espera de materia prima

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Por otro lado, en el sistema de luces Andon se deberán implementar los tableros en cada máquina, estos indicarán cómo se está ejecutando el trabajo por medio de conocer la velocidad de trabajo, la meta de producción a la que se debe llegar, la producción actual y el atraso que se tiene en el momento en que se visualiza el tablero.

El diseño del tablero deberá ser simple para que la comunicación sea efectiva entre el sistema y el operador. A continuación se presenta una propuesta de tablero:

Figura 49. Propuesta de tablero Andon



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

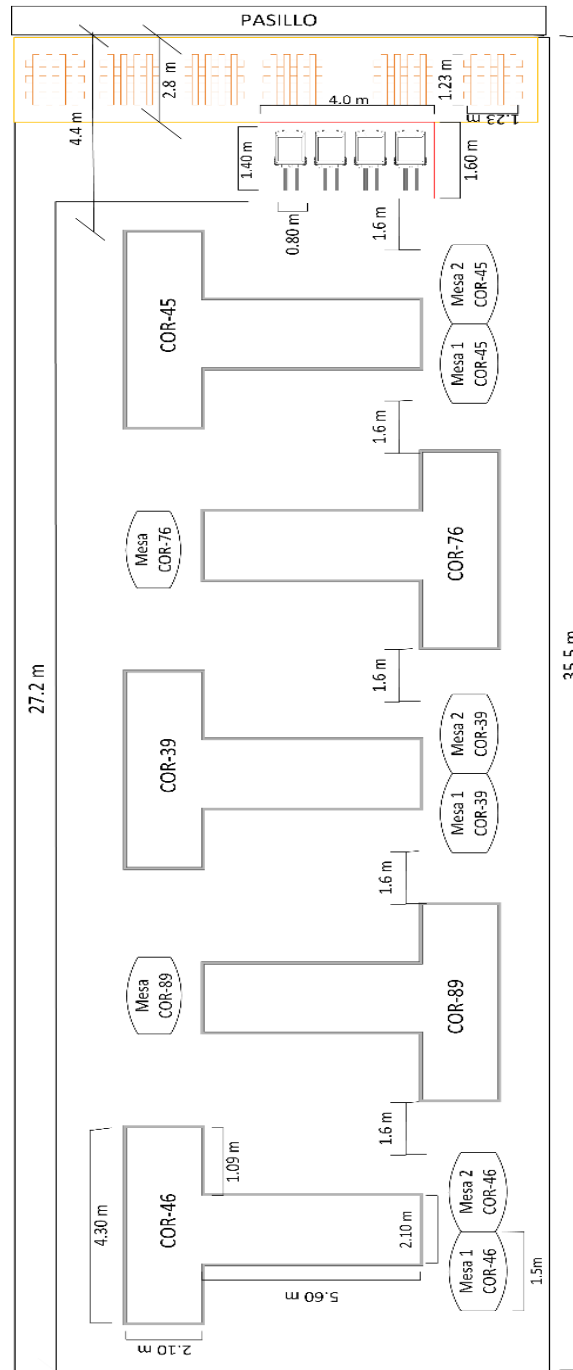
La torre de luces y el tablero Andon tendrán una conectividad con una base de datos para respaldo y para futuras consultas sobre el comportamiento de las máquinas, además existirá un monitoreo en tiempo real por medio de una red interna de la empresa en los dispositivos móviles y computadoras de los supervisores y jefe del área de corte.

2.7.4. Rediseño *layout*

En Polytec, S. A. el orden en que las máquinas están ubicadas dentro del área de producción se asignó de esa forma debido a que, conforme se iba adquiriendo una nueva máquina, esta se ubicaba en el espacio que estuviera disponible. Debido a lo descrito anteriormente, es necesario realizar un rediseño *layout* en el que la familia de las cortadoras de sello lateral sea agrupada de tal forma que se facilite el flujo del proceso, no solo para esta familia sino también para las otras máquinas que están a su alrededor.

De acuerdo con la normativa establecida por Polytec, la separación entre máquina – pared, máquina – máquina y máquina – elemento debe ser mínimo de 1.5 metros, debido a que los carros hidráulicos que transportan las bobinas miden 1.4 metros de largo. Es por esto que, en la distribución propuesta, la distancia entre las máquinas y cualquier elemento es de 1.6 metros, además con la ubicación de las máquinas de sello lateral que se muestra en la figura 51 se permite optimizar el espacio y agregar un área específica para posicionar los carros hidráulicos cuando no se estén utilizando.

Figura 50. **Redistribución del espacio de las máquinas de sello lateral**

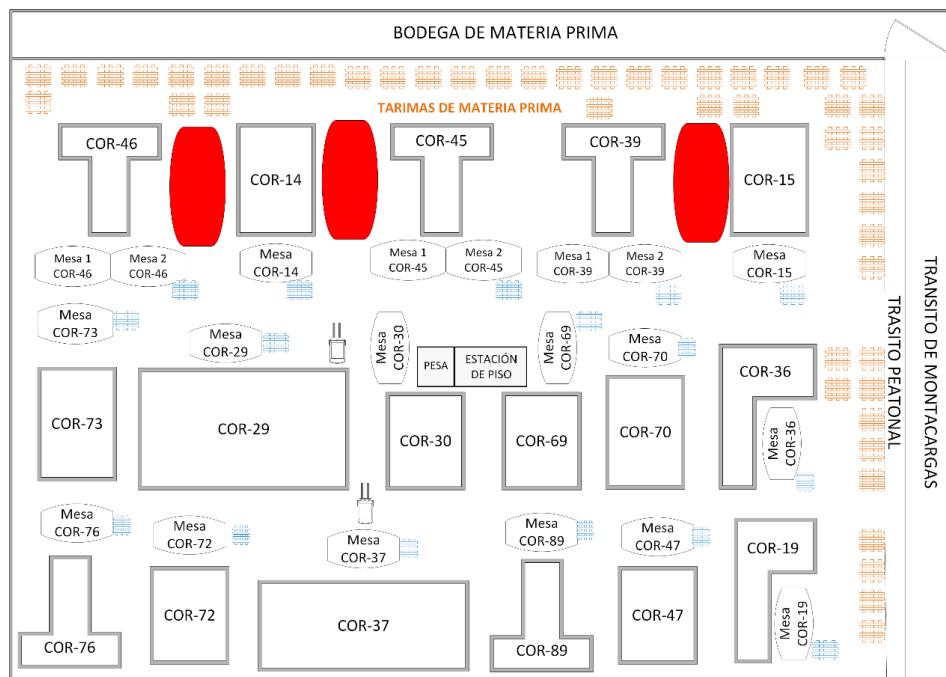


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Para realizar la redistribución y lograr que la familia de máquinas de sello lateral esté ubicada en una misma sección, se debe movilizar la cortadora 14 al lugar donde se encuentra la cortadora 89 y la cortadora 15 se tiene que mover al espacio de la 76, de esta forma las cortadoras de sello lateral quedarán ordenadas y optimizando el espacio.

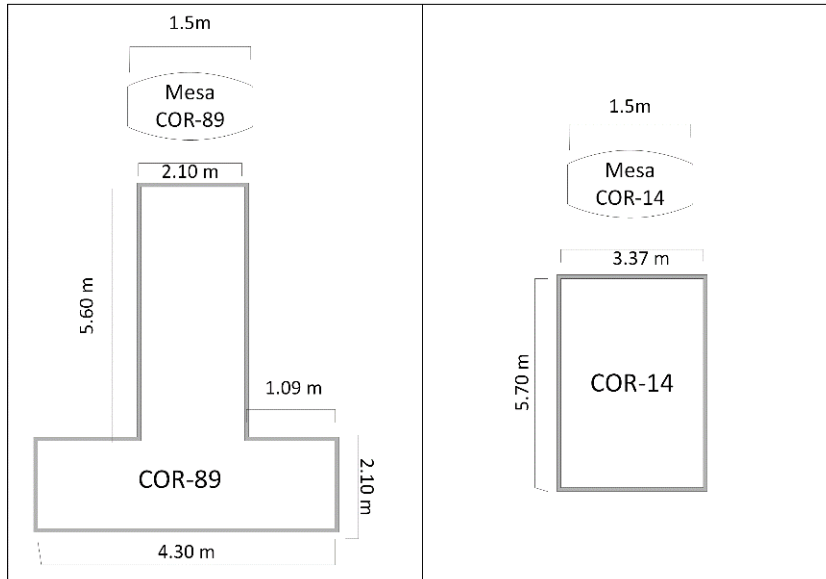
Debido a que las máquinas 14 y 15 son más pequeñas que las cortadoras de sello lateral, caben perfectamente en los lugares donde se ubicaban las máquinas 76 y 89. De igual forma, cuando las máquinas 14 y 15 se encuentran en la fila de la COR-45, COR-46 y COR-39, no se optimiza el área, pues existe mucho espacio sin utilizar entre estas máquinas, tal y como se muestra en la figura 55, donde los óvalos rojos representan este espacio sin optimizar.

Figura 51. **Espacio optimizado en la redistribución**



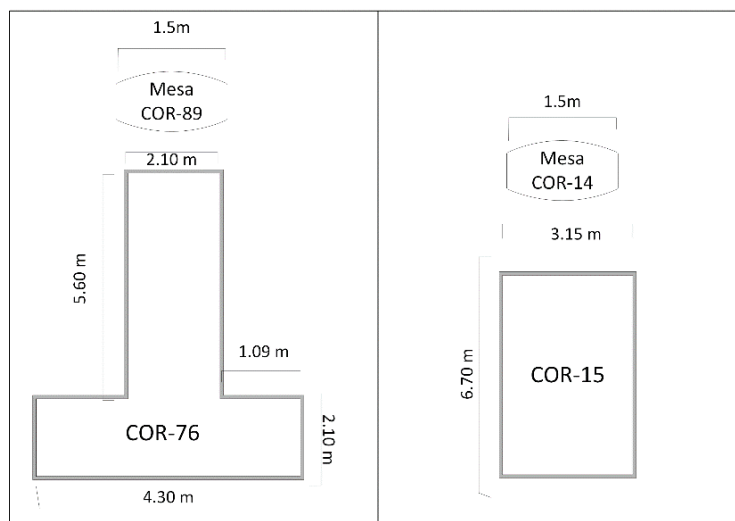
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Figura 52. **Espacio ocupado por COR-89 vs COR-14**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

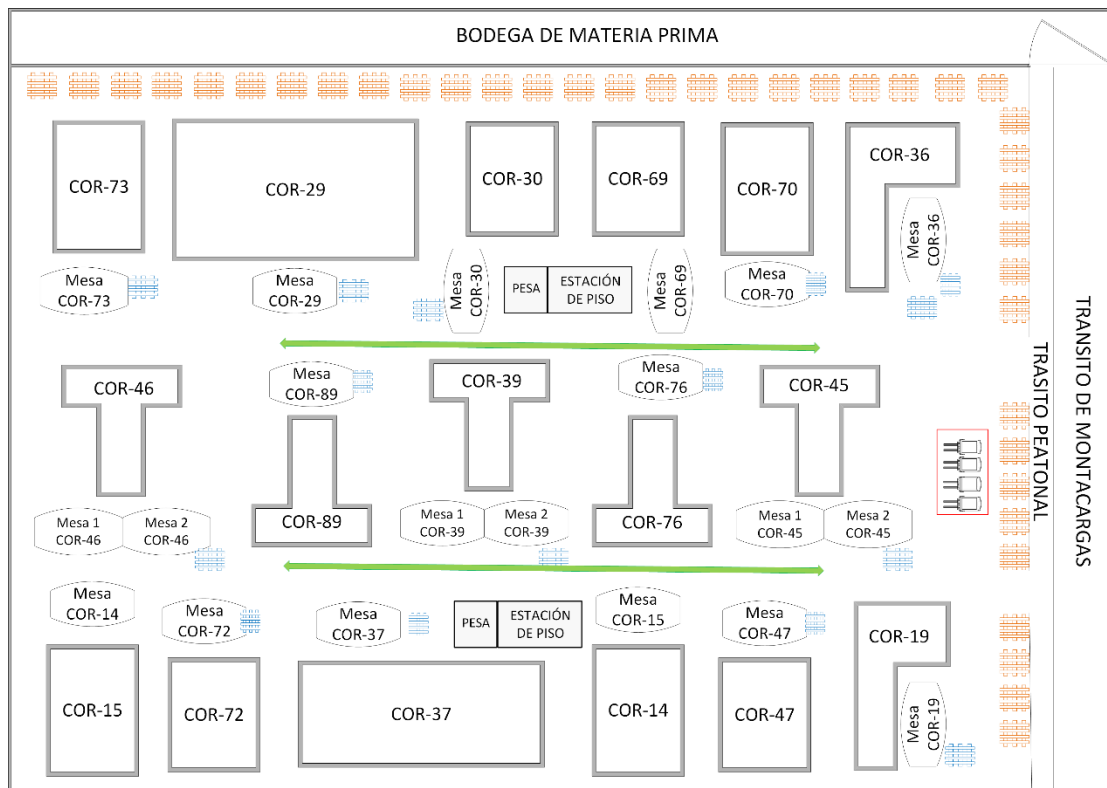
Figura 53. **Espacio ocupado por COR-76 vs COR-15**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

A continuación se presenta el rediseño del área total donde se encuentran las máquinas de sello lateral:

Figura 54. **Redistribución *layout* propuesta**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

2.7.5. Estandarización de la velocidad de trabajo

Dentro del proceso de sello lateral, uno de los principales errores es que cada operador realiza un mismo trabajo a distinta velocidad en las máquinas, esto debido a que no existe una estandarización de la velocidad máxima a la que se pueden fabricar los distintos productos de acuerdo con sus especificaciones.

Esto provoca que la eficiencia no incremente, pues es el operador el que decide cuál será su meta de trabajo diaria y cuál será su producción real diaria, tal y como se explica en el apartado 2.6.1. Es decir que ni el supervisor ni el jefe del área proporcionan los lineamientos del ritmo de trabajo, por lo que un mismo producto se puede estar cortando en dos o más máquinas, pero su velocidad de producción en todas las máquinas será distinta.

La metodología de la estandarización de trabajo busca eliminar ese desfase que existe en el ritmo de producción actual y crear una base para encontrar nuevas mejoras en el futuro, porque la estandarización del ritmo de trabajo es un proceso que nunca llega a su fin.

2.7.5.1. Ejecución y monitoreo


El proceso para llevar a cabo la estandarización de la velocidad de producción se describe a continuación:

- Como primer paso, se registraron las especificaciones del producto, tales como: calibre, dimensiones, perforaciones mecánicas, perforaciones manuales y el fuelle.
- Luego se documentó la velocidad a la que se estaba trabajando y los parámetros de la máquina como: temperatura, presión de corrugadores y del cabezal de corte.
- Verificar la calidad del producto, es decir, comprobar que el sello de la bolsa es resistente y que los parámetros registrados anteriormente aseguran el cumplimiento de calidad en cada bolsa. Para llevar a cabo esta actividad se realizaba en presencia del supervisor y del auditor de

calidad, este último se encargaba de dar el visto bueno para proceder a incrementar la velocidad porque la calidad del producto era aceptable.

- Al tener la autorización para aumentar la velocidad en la máquina, el supervisor le indicaba al operador que incrementara la velocidad a 2 bolsas/minutos más de que lo que ya tenía actualmente.
- Con cada incremento en la velocidad se verificaba la resistencia en el sello de la bolsa, para que las medidas, perforaciones y el fuelle cumplieran con los requerimientos del cliente. De no ser así, se procedía a ajustar los parámetros (temperatura, presión del aire, entre otros) para asegurar el cumplimiento de dichos requerimientos.
- Al llegar una velocidad en la que el supervisor y el estudiante de EPS acordaban que el producto era de calidad y el operador tenía el tiempo necesario para proceder a empacarlo, se acudía con el auditor de calidad, quien verificaba el producto con la velocidad nueva y autorizaba seguir trabajando a ese ritmo. Para tener un comprobante de las disposiciones se diseñó el siguiente formato:

Figura 55. **Boleta de verificación de incremento de velocidad**

		BOLETA DE VERIFICACIÓN DE INCREMENTO DE VELOCIDAD		Área de corte	
Apectos generales					
Fecha:		Velocidad inicial:			
Máquina:		Temperatura pista A:			
Producto:		Temperatura pista B:			
Medidas:		Velocidad final:			
Fuente:		Temperatura pista A:			
Peforaciones:		Temperatura pista B:			
Calibre:					
Evaluación					
Aspectos		¿Está dentro del intervalo de aceptabilidad? Si/No/NA		Aspectos	
Medidas				Precorte	
Fuente				Sello	
Perforaciones mecánicas				Perforaciones manuales	
		Auditor de calidad		Supervisor	
Nombre y firma					
				Estudiante de EPS	

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

- Posteriormente a validar el aumento de velocidad y la calidad del producto, se mantiene un control durante el resto del turno y del turno siguiente, para detectar problemas en el funcionamiento de las cortadoras y en la calidad del producto, mismos que se deriven del incremento del ritmo de trabajo, con el fin de solventarlos y continuar con dicho aumento.

- Al evidenciar que no han existido problemas o que ya están resueltos se incrementa la velocidad hasta donde las partes interesadas (supervisor y estudiante de EPS) acuerden. Nuevamente se lleva el control del aumento por medio de la boleta de verificación de incremento de velocidad que se muestra en la figura 56.
- A partir de este punto se repitieron los pasos 7 y 8 las veces que fueron necesarias hasta encontrar la velocidad máxima para cada producto analizado.

2.7.5.2. Análisis de la producción actual

En el apartado 2.6.1 se analiza una parte de la producción actual dentro del área de corte, específicamente en las cortadoras de sello lateral, donde se detalla la descripción de la velocidad reportada, velocidad a la que opera la máquina, cantidad de producción reportada y cantidad de producción real. Por lo tanto, el análisis de producción del apartado 2.6.1 se diferencia en que dentro de este análisis se mostrará la comparación entre las velocidades actuales versus las velocidades aumentadas.

En la tabla LX se presenta la velocidad inicial con la que se trabajaban los productos con mayor volumen de ventas en las distintas máquinas de sello lateral, en comparación con la velocidad máxima, que se logró incrementar sin afectar la calidad del producto ni el rendimiento del personal operativo. De igual forma, en la última columna se da a conocer el porcentaje de incremento que se obtuvo en el ritmo de producción con respecto a la velocidad anterior.

Tabla LX. **Velocidad inicial vs velocidad incrementada**

Internal	Máquina	Velocidad inicial (piezas/min)	Velocidad máxima (piezas/min)	% de incremento
0002-A65	COR-39	80	105	23,81 %
0002-C18		80	113	29,20 %
2362-311		80	85	5,88 %
2362-397		90	108	16,67 %
2362-439		97	115	15,65 %
2362-531		85	110	22,73 %
0002-A65	COR-45	85	105	19,05 %
0002-C18		88	110	20,00 %
0002-A65	COR-46	83	100	17,00 %
0002-C18		86	110	21,82 %
2362-295		80	105	23,81 %
2362-311		70	85	17,65 %
2362-397		85	105	19,05 %
2362-401		80	112	28,57 %
2362-426		84	108	22,22 %
2362-296	COR-76	85	106	19,81 %
2362-401		85	115	26,09 %
2362-426		87	110	20,91 %
0002-C18	COR-89	75	105	28,57 %
0002-C20		60	80	25,00 %
0671-033		90	100	10,00 %
0626-002		80	110	27,27 %
2362-295		80	120	33,33 %
2362-397		65	110	40,91 %
2362-401		75	120	37,50 %
2362-426		65	106	38,68 %
2362-531		90	115	21,74 %
Promedio general:				23,44 %

Fuente: elaboración propia.

Tal y como se muestra en la tabla LX, en la cortadora 89 es donde se logró un incremento mayor de la velocidad, esto debido a que era la máquina que tenía menor ritmo de producción y a que, por ser la cortadora de modelo más reciente, no se habían explorado todos sus parámetros y la forma de ajustarlos para que el funcionamiento de esta fuera el óptimo.

Por último, en la tabla LX se da a conocer que en promedio se logró un aumento del 23,44 % en la velocidad de producción de la familia de sello lateral.

2.7.5.3. Planeación de la velocidad de trabajo

En la tabla LX se observa que en algunos casos se sigue dando el mismo problema que se presentaba antes del incremento de la velocidad, el cual se refiere a que se trabaja un mismo producto a diferente velocidad (velocidad incrementada) en más de dos máquinas, por lo tanto, se debe planear la velocidad de trabajo de acuerdo con las especificaciones generales de los productos.

La planeación de la velocidad de trabajo se realizará con base en las especificaciones requeridas por el cliente (medidas, calibre, fuele, perforaciones mecánicas y manuales) y al análisis de incremento de velocidad que se llevó a cabo. Con base en lo explicado anteriormente, se obtiene la siguiente planificación:

Tabla LXI. **Planeación de velocidad de trabajo en base a las especificaciones del producto**

Calibre (micrómetros)	Especificaciones del cliente				Especificaciones de trabajo					
	Medidas de la bolsa		Perforaciones mecánicas		Fuelle (mm)	Perforaciones manuales	Temperatura del cabezal de sello/corte	Pistas por máquina	Operadores por máquina	Velocidad de producción (piezas/min)
	Ancho (mm)	Largo (mm)	Cantidad (por cara)	Diámetro (mm)		Cantidad (por cara)				
24,6	292	407	8	13	NO	2	375°C a 395 °C	2	2	103
	292	406	8	12,7		2			2	110
	290	380	6	6,35		2			2	115
	326	449	6	12,7		0			1	113
	310	370	8	6,35		2			2	108
	402	483	8	12,7		2			2	80

Continuación de la tabla LXI.

	275	330	4	6	40	2	400°C a		2	85
	260	400	4	6,35		2	410°C		2	116
25,4	243	330	8	12,7	102	2	415°C a 425°C		2	106
	304	365	8	6	NO	2	390°C a		2	108
	273	394	8	6,35		2	405°C		2	113
24,3	305	457	0	--		0	360°C a 390 °C		1	100
71,8	287	381	0	--		0	420°C a 430°C		1	110

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para llevar a cabo la planeación de trabajo se debe conocer las especificaciones del producto que se va a cortar o sellar, por ejemplo, si el cliente requiere un empaque plástico flexible que tenga 25.4 micrómetros de espesor, dimensiones de 304 milímetros por 365 milímetros, 8 perforaciones mecánicas con diámetro de 6 milímetros cada una, sin fuelle y con 2 perforaciones manuales realizadas con ayuda de un cautín, el operador deberá buscar dichas especificaciones en la tabla de arriba y obtendrá información de cómo deberá trabajar.

Para este caso propuesto el operador tendrá que ajustar el cabezal de corte a una temperatura que esté comprendida entre los 390°C hasta los 405°C, se trabajará con las dos pistas de producción de la máquina, deberá haber dos operadores en la máquina para que atienda cada uno la pista que le corresponde y, por último, se estipula que la velocidad de corte a la que tienen que trabajar es de 108 piezas por minuto.

Tal y como se mostró en la ejemplificación anterior, al iniciar con la producción de un pedido el operador deberá verificar cuáles son las

especificaciones del producto para determinar cuáles serán las premisas bajo las cuales se trabajará.

2.7.6. Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento productivo total (o TPM por sus siglas en inglés: *Total Productive Maintenance*), es un cultura y estrategia industrial en la cual todos los trabajadores son responsables y deben participar en el mantenimiento diario de las máquinas de producción. Esto significa que los gerentes, supervisores, operadores, técnicos de mantenimiento, ingenieros, personal administrativo y todo personal de la planta industrial deben involucrarse en la compra, cuidado, mantenimiento y mejoras del equipo.

Para la implementación del mantenimiento productivo total en la planta industrial de Polytec se propone el seguimiento de las siguientes fases:

- Fase 1. Establecimiento de metas y políticas del mantenimiento productivo total.

Tabla LXII. **Metas y política del mantenimiento productivo total**

Metas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir la cantidad de problemas mecánicos en los equipos por falta de mantenimiento. 2. Disminuir el tiempo de ajustes operativos por desconocimiento o confusión con ajustes mecánicos. 3. Incrementar el uso eficiente del equipo. 4. Brindar el correcto entrenamiento y desarrollo al personal sobre la forma correcta de realizar ajustes 5. Disminuir la cantidad de piezas defectuosas e incrementar el nivel de calidad del producto final. 6. Aumentar la vida útil del equipo y maquinaria. 7. Lograr un mayor grado de seguridad para el personal de la planta industrial.
--------------	---

Continuación de la tabla LXII.

Política	Transformar las practicas actuales por una cultura de mejora en la que se busque, de forma continua, la eliminación de los desperfectos mecánicos, incrementar la efectividad del equipo y reducir los costos. Esto con el fin de impactar en la eficiencia global de la compañía que será de beneficio para todos los colaboradores que formen parte de Polytec.
-----------------	---

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Fase 2. Establecer el método para la detección y documentación de fallas en los equipos.

Durante la segunda fase se proponen la herramienta para facilitar la detección y registro de las fallas encontradas durante las inspecciones. Para documentar los problemas mecánicos y la solución que se les dará, se propone utilizar el método de tratamiento de fallas, tal y como se presenta en la figura 57.

Es importante que, para la documentación de las fallas, se realice un análisis profundo para determinar la causa raíz por la que está ocurriendo dicho problema, esto con el objetivo de evitar la reincidencia.

Figura 56. Formato para el tratamiento de fallas

	TRATAMIENTO DE FALLAS
Fecha de la falla: <input type="text"/>	Máquina en la que se presenta la falla: <input type="text"/>
Persona que detecta la falla: <input type="text"/>	Área: <input type="text"/>
Lugar de la máquina: <input type="text"/>	
Nombre del elemento que falla: <input type="text"/>	
¿Provocó piezas defectuosas?: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Cantidad de piezas defectuosas: <input type="text"/>
¿Provocó el paro de la máquina?: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Tiempo de paro de la máquina: <input type="text"/>
Descripción de la falla: <input type="text"/>	
¿Qué acción inmediata se realizó? <input type="text"/>	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Fase 3. Establecer el método para analizar y determinar la causa raíz


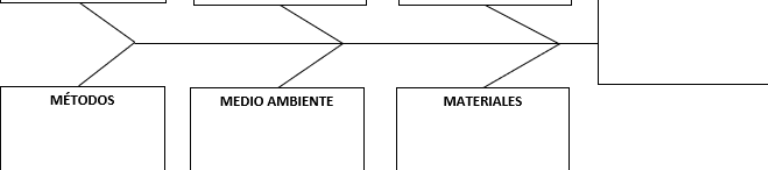
Al terminar de registrar la falla es importante que se realice un análisis profundo para determinar la causa raíz por la que está ocurriendo dicho problema, esto con el objetivo de evitar la reincidencia.

En el formato que se propone a continuación, se estudiará a detalle el problema mecánico ocurrido, iniciando con la elaboración del diagrama causa-raíz, en el que se abordarán seis aspectos como medición, maquinaria, mano de obra, métodos, medio ambiente y materiales, aunque en algunas ocasiones no todos estos aplicarán para analizar las fallas. Luego se procederá a detallar las

causas probables que saldrán a la luz por medio del diagrama realizado anteriormente. Por último, se analiza cada una de las causas probables por medio del método de los porqués, para establecer cuál es la causa raíz cuya solución generará mayor impacto positivo en el funcionamiento correcto de la maquinaria.

El formato que se presenta en la figura 58 puede modificarse de acuerdo con las necesidades y requerimientos de la falla que se esté estudiando.

Figura 57. **Formato para el análisis e identificación de la causa raíz**

	ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE LA CAUSA RAÍZ	
MEDICIÓN	MAQUINARIA	MANO DE OBRA
MÉTODOS	MEDIO AMBIENTE	MATERIALES
		
No.	CAUSAS PROBABLES	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Causa probable no. 1	Causa probable no. 2	Causa probable no. 3
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Causa probable no. 4	Causa probable no. 5	Causa probable no. 6
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Causa raíz a solucionar: <input style="width: 100%;" type="text"/>		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Fase 4. Establecer el método para el seguimiento y verificación de soluciones.

Al terminar de determinar cuál será la causa raíz a resolver, se procederá a llenar el formato de seguimiento y verificación en el apartado de plan de acción, en el cual se detallará la acción a realizar para solventar el problema y quién será el responsable de ejecutar y supervisar la realización de la acción. Por último, se registrará la fecha de inicio y la fecha probable en la que se finalizará el trabajo para solucionar la falla.

En el formato de la figura 59 se presenta el apartado de plan de acción que se llena de acuerdo con lo descrito anteriormente, y el apartado de verificación de cumplimiento, en el cual se registrará la información al terminar de realizar la acción correctiva para que se tenga evidencia de la solución.

Figura 58. **Formato para el seguimiento y verificación de solución**

		SEGUIMIENTO Y VERIFICACIÓN DE SOLUCIÓN	
PLAN DE ACCIÓN			
Acción a realizar	¿Cómo se realizará?	Responsable	Fecha de inicio
			Fecha probable de finalización
VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO			
Observaciones y evidencia:			
Firma de responsable		Fecha de finalización	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Fase 5. Administración temprana de la maquinaria

Para evitar que ocurran fallas en el equipo, que provoquen pérdidas económicas debido al paro no planificado de la maquinaria, o por producir unidades defectuosas a causa de problemas mecánicos, es necesario realizar un análisis para determinar cuáles son las máquinas con prioridad mayor, es decir aquellas que no pueden fallar porque representan gran importancia para la producción de la empresa, hasta aquellas que tienen prioridad menor por no representar gran volumen de producción.


En la figura 60 se presenta de forma sencilla cómo se puede realizar dicho análisis. Para determinar el orden de prioridad se examinará el nivel de efectos negativos que puede provocar una máquina al momento de presentar fallas en los siguientes aspectos: seguridad del personal, medio ambiente, producción y costos de mantenimiento.

Al inicio del formato se detalla cuáles son las áreas afectadas con su respectivo criterio de evaluación. Para llenar la tabla, se encuentra al final del formato la puntuación para cada área, únicamente puede ser 1,3 o 5, dependiendo del criterio del evaluador. Al finalizar de asignar la puntuación se realiza la suma de puntaje por cada máquina.

En la casilla denominada clase se colocará la letra A, B o C, siguiendo el criterio de evaluación de la tabla clase de maquinaria, en donde A corresponde a una máquina que tiene funcionamiento crítico, ya que es muy importante para la producción, B pertenece a una máquina que es importante más no crítica, y C se le asignará a las máquinas que tengan una importancia muy baja en la producción.

Por último, para determinar la prioridad de mantener en estado óptimo las máquinas, se toma en cuenta la suma de puntuación y la clase. Es decir, aquel equipo que tenga clase A tendrá prioridad sobre la B y C, y establecer cuál será el orden de prioridad en cada letra se regirá por la suma de puntuación, por lo tanto la máquina que pertenezca a la clase A y tenga una puntuación de 20 (mayor punteo posible por máquina) tendrá prioridad 1, y así sucesivamente hasta llegar a la máquina con menor prioridad.

Figura 59. **Formato para la administración temprana de las máquinas**

 ADMINISTRACIÓN TEMPRANA DE LAS MÁQUINAS							
Áreas afectadas	Criterios y evaluación de los equipos						
Seguridad	5 Causan accidentes que provocan incapacidad o problemas de salud irreversible						
	3 Efectos leves para la salud						
	1 No causan problemas de salud						
Medio ambiente	5 Daños a largo plazo en el ambiente						
	3 Daños ecológicos de baja duración						
	1 No afecta al medio ambiente						
Producción	5 Afecta al cumplimiento de la planificación de producción						
	3 Afecta la calidad del producto terminado						
	1 No afecta a la producción o especificaciones del producto						
Costos de mantenimiento	5 Genera un costo de mantenimiento superior al 25% del presupuesto planificado						
	3 Genera un costo de mantenimiento entre el 2% y 25% del presupuesto planificado						
	1 No afecta significativamente al costo del departamento de mantenimiento						
Clase de maquinaria							
Máquina crítica	A						
Máquina importante	B						
Máquina no importante	C						
Nombre de la máquina	Áreas afectadas				Resultados		
	Seguridad	Medio ambiente	Producción	Costo de mantenimiento	Suma de puntaje	Clase	Prioridad

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Fase 6. Establecer un cronograma para mantenimientos

El establecimiento de un cronograma en el que se muestre la fecha y periodicidad de los mantenimientos que previenen fallas es de suma importancia, pues de esta forma todo el equipo del departamento de mantenimiento tiene conocimiento sobre las actividades que se llevarán a cabo durante el mes que se esté programando.

A continuación se propone un formato en el que se puede realizar la programación de los mantenimiento preventivos de las distintas máquinas, tomando como prioritarias aquellas que se hayan denominado así en la fase 5. De igual forma, el formato contiene un apartado en el que se registra la cantidad de mantenimientos planeados inicialmente y los que se llevaron a cabo, para luego determinar el porcentaje de cumplimiento de dicha planificación.

El mantenimiento autónomo es una de las mayores contribuciones dentro del TPM, debido a que el operador es el responsable de realizar las actividades y tareas que garanticen incrementar el funcionamiento eficaz de la maquinaria y esto a su vez provoca un aumento en la eficiencia de toda la empresa. En la tabla que se muestra a continuación se describe el proceso que se debe seguir para el mantenimiento autónomo dentro de Polytec.


Tabla LXIII. Proceso para la implementación del mantenimiento autónomo

	Nombre de la etapa	Descripción
Etapa 1	Entrenamiento inicial	Para iniciar con la implementación del mantenimiento autónomo es necesario brindar capacitaciones a los operadores sobre los objetivos y el tema de las 5S, con el fin de que comprendan a que se refieren los términos: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina. Para esta etapa se presenta la propuesta en el apartado 2.7.2 Implementación de la metodología 5S.
Etapa 2	Inspección y limpieza inicial	Durante esta etapa se busca identificar fugas, puntos generadores de suciedad, niveles de aceite, partes flojas, piezas deterioradas, manchas, fallas electrónicas, entre otros aspectos. Luego se procede a limpiar eliminar dichos hallazgos de deterioro.
Etapa 3	Desarrollo de medidas correctivas	Luego de llevar a cabo la limpieza inicial, se requiere evitar que el deterioro continúe, por lo que es necesario desarrollar un control visual por medio de señalar aquellas áreas que son poco visibles y que requieren de inspecciones regulares.
Etapa 4	Desarrollo de medidas preventivas	En esta etapa se da el establecimiento de las normas de inspección, limpieza y lubricación, en los que se incluye el método y la frecuencia de estos.
Etapa 5	Entrenamiento de refuerzo	Es importante que se durante el proceso de implementación del mantenimiento autónomo, se lleve a cabo un segundo entrenamiento en el que se refuercen los conocimientos adquiridos durante los pasos anteriores.
Etapa 6	Inspecciones autónomas	La última etapa del proceso se llevará a cabo de forma exitosa, si las etapas anteriores se realizaron correctamente. Durante este paso se espera que los operadores puedan hacer las inspecciones de máquina por si mismos para detectar fugas, piezas en deterioro, niveles de aceite, falta de ajustes, etc.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para llevar a cabo con éxito las etapas anteriores se presentan los siguientes formatos, en los que los operadores pueden registrar las actividades que realizan como parte del mantenimiento autónomo. En el formato de lubricación se documentará la realización de esta actividad de forma semanal, lo cual será realizado por los operadores y verificado por el supervisor de turno.

Figura 61. **Formato para registrar la lubricación semanal para las máquinas**

		LUBRICACIÓN SEMANAL PARA MÁQUINAS													Mes: _____						
Forma de Llenar las casillas Si realizó la lubricación marque con: <input checked="" type="checkbox"/> ✓ Si no realizó la lubricación marque con: <input type="checkbox"/> ✗ Si no aplica marque con: N/A														CORTADORA _____ _____							
Fecha	Nombre	Firma	SEMANA	Cojinete portabobina	Cadena de compensador	Pilón de compensador	Cojinete lineal guía de sello	Leva levanta sello	Chumacera de eje principal	Cojinete seguidor de leva	Leva de tiempo del arrebataador	Cojinete seguidor de leva arrebataador	Cadena de tiempo arrebataador	Tensor de cadena de tiempo	Chumacera de arrebataador	Chumacera de corrugadores	Cojinete de corrugadores	Eje de polea doble dentada	Chumacera de eje principal	Observaciones	
			1																		
			2																		
			3																		
			4																		

Firma de verificación: _____

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Por otro lado, se propone un formato para registrar las inspecciones semanales en las máquinas de sello lateral para detectar fallas, con el fin de prevenir problemas mayores en un futuro. Dichas inspecciones se realizarán de forma semanal en cada máquina y se llevará a cabo por parte de los operadores, para que luego el supervisor de corte que esté de turno firme como parte de la verificación que se ha realizado la actividad.

Si los elementos a inspeccionar se encuentran en un estado óptimo se colocará un cheque, pero si su estado es crítico y está en mal estado se marcará con una X y se notificará al supervisor y al personal de mantenimiento.

Figura 62. Formato para la inspección semanal de máquinas

Polytec La Solución en Empaques		INSPECCIÓN SEMANAL DE MÁQUINAS													Mes: _____						
Forma de Llenar las casillas															CORTADORA						
Si el elemento se encuentra en buen estado marque con: ✓																					
Si el elemento se encuentra en mal estado marque con: ✗																					
Si no aplica marque con: N/A																					
PARTES MECÁNICAS																					
Fecha	Nombre	Firma	SEMAMA	Banda transportadora	Faja	Unidad de mantenimiento	Pulmón de aire	Cilindro neumático	Cilindro hidráulico	Resorte	Cadena	Perforador	Rodillos	Rodillos de hule	Rodillo de corcho	Chumaceras	Manómetro	Engranaje	Cuchilla	Observaciones	
			1																		
			2																		
			3																		
			4																		
PARTES ELECTRÓNICAS																					
Fecha	Nombre	Firma	SEMAMA	Motores	Electroválvulas	Pulsador	Selector	Luz piloto	Sistema de paños de	Pantalla	Tomacorriente	Breaker	Display	Sensores	Resistencia de cabezal	Pirómetro	Barra antistática	Bomera	Amperímetro	Observaciones	
			1																		
			2																		
			3																		
			4																		
Firma de verificación: _____																					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.7.6.2. Análisis de los indicadores del equipo

La implementación del TPM y la estandarización de la velocidad de trabajo permiten analizar nuevamente los indicadores para determinar cuál será el nivel

de mejora que se obtiene al implementar las estrategias planteadas anteriormente.

2.7.6.2.1. Eficiencia global del equipo (OEE)

El OEE será calculado de la misma forma que se realizó en el inciso 2.6.2. Para determinar el indicador de la propuesta se llevará a cabo por medio de la definición de la disponibilidad, rendimiento y calidad, de acuerdo con las mejoras propuestas.

- Disponibilidad

Para el factor de la disponibilidad todas las paradas, ya sean planeadas o no planeadas, afectan de forma negativa pues disminuyen el tiempo productivo de las máquinas. Con la ayuda de las 6 fases propuestas dentro de la implementación del TPM, del mantenimiento autónomo y del sistema de luces Andon, se estima que el tiempo de paradas no planeadas disminuirá inicialmente hasta en un 40 %, debido a la detección temprana de los desperfectos, el mantenimiento diario constante y la planificación de los mantenimientos. A continuación se presenta la tabla con los datos del tiempo programado, paradas planeadas y paradas no planeadas con la mejora propuesta.

Tabla LXIV. **Datos para determinar la disponibilidad con base a las mejoras propuestas**

Máquina	Días	Tiempo programado (TP) (horas)	Tiempo de paradas planeadas (PP)	Tiempo de paradas no planeadas (PNP)
COR-39	1	12	2	2,70
	2	12	2	1,62
	3	12	2	0,60
	4	12	2	1,86
	5	12	2	1,08
Promedio		12	2	1,57
COR-45	1	12	2	0,96
	2	12	2	0,60
	3	12	2	2,58
	4	12	2	0,18
	5	12	2	1,02
Promedio		12	2	1,07
COR-46	1	12	2	5,58
	2	12	2	0,96
	3	12	2	0,84
	4	12	2	1,26
	5	12	2	0,12
Promedio		12	2	1,75
COR-76	1	12	2	1,02
	2	12	2	0,24
	3	12	2	1,92
	4	12	2	3,30
	5	12	2	1,08
Promedio		12	2	1,51
COR-89	1	12	2	2,82
	2	12	2	3,18
	3	12	2	0,66
	4	12	2	1,32
	5	12	2	3,90
Promedio		12	2	2,38

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Luego de establecer el valor promedio para cada tiempo registrado se procede a determinar el tiempo operativo real para cada máquina, tal y como se realizó en el inciso 2.6.2.

Tabla LXV. **Determinación del valor del tiempo operativo real por máquina con base a las mejoras propuestas**

	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Tiempo operativo real (TOR) (horas)	8,43	8,22	7,08	7,48	6,04

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Al tener el valor de TOR correspondiente a cada máquina se procede a establecer el cálculo del porcentaje de disponibilidad.

Tabla LXVI. **Determinación del porcentaje de disponibilidad por máquina con base a las mejoras propuestas**

	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Disponibilidad	84,3 %	89,3 %	82,5 %	84,9 %	76,2 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Rendimiento

En el factor de rendimiento influye negativamente el tiempo de las paradas no planeadas, pero con ayuda de las estrategias propuestas en el TPM, estas disminuyen considerablemente, lo que provoca un incremento en el tiempo operativo real (TOR) que a su vez incrementa la producción programada para desembocar en un porcentaje de rendimiento mayor al que se tenía en el apartado 2.6.2.

Sumado a lo descrito anteriormente, la planeación de la velocidad de trabajo en el apartado 2.7.6.3 da a conocer que la velocidad a la que operan las máquinas será mayor al que se presentaba antes de diseñar la propuesta, por lo tanto, también este incremento influye en el porcentaje de rendimiento, tal y como que se presenta en la tabla LXVII.

La producción real se calculó por medio de la metodología que se utiliza en el área de corte para determinar la producción que se obtendrá en un futuro, que consiste en multiplicar la velocidad de trabajo con la cantidad de horas efectivas que trabajará el colaborador durante el turno. Es importante recalcar que para la velocidad de trabajo no se utilizará la velocidad teórica, sino a esta velocidad se le restarán 20 piezas/min (1 200 piezas/hora) para mantener un rango que permita recuperar la producción si en dado caso existieran incidentes que causen el paro de la producción, esto se realizará de esta forma únicamente para el cálculo de la proyección real que se pueda dar en un futuro.

A continuación se muestra el procedimiento para calcular la producción real futura de la COR-39 con el producto 2362-311, y para las demás máquinas se utilizó el mismo principio:

Producción real (PR)= (velocidad de trabajo) x (horas efectivas de trabajo)

Producción real (PR)= (85 piezas/min - 20 piezas/min) x (10 horas x 60 min)

Producción real (PR)= 39 000 piezas

Tabla LXVII. **Datos para determinar el rendimiento con base a la mejora propuesta**

Máquina	Producto	Velocidad teórica (piezas/hora)	Producción real (PR) (piezas)
COR-39	2362-311	5 100	39 000
	2362-439	6 900	57 000
Promedio		6 000	48 000
COR-45	0002-C18	6 600	54 000
	0002-A65	6 300	51 000
Promedio		6 450	52 500
COR-46	2362-295	6 300	48 000
	0002-C18	6 600	51 000
	2362-401	6 720	54 000
Promedio		6 540	51 000
COR-76	2362-426	6 600	54 000
	2362-296	6 360	51 600
Promedio		6 480	52 800
COR-89	2362-531	6 900	51 000
	0626-002	6 600	48 000
Promedio		6 750	49 500

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Con ayuda de los datos presentados en la tabla anterior se procede a determinar el valor de la producción programada para cada una de las máquinas, tal y como se realizó en el apartado 2.6.2.

Tabla LXVIII. **Determinación del valor de la producción programada por máquina con base a las mejoras propuestas**

	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Producción programada (PPR) (piezas)	50 568,00	57 611,40	53 941,92	55 002,24	51 462,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Al tener el valor de la producción programada correspondiente a cada máquina se procede a establecer el cálculo del porcentaje de rendimiento.

Tabla LXIX. **Determinación del porcentaje de rendimiento por máquina con base a las mejoras propuestas**

	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Rendimiento	94,92 %	91,13 %	94,55 %	96,00 %	96,19 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- **Calidad**

El factor de la calidad se ve afectado negativamente por las piezas defectuosas o por los procesos de retrabajo, pues disminuyen la cantidad de piezas buenas que son tomadas en cuenta para el cálculo de este aspecto. Con ayuda de las estrategias planteadas dentro de la implementación de *jidoka* y *poka-yoke* se estima que la cantidad de unidades defectuosas por lote de producción será de un 10 %, el cual es menor al que se tiene actualmente (27 %) sin realizar las mejoras, gracias a la detección temprana de las anomalías presentes en el producto.

A continuación se presenta la tabla con los datos de la producción real y las unidades buenas con la mejora propuesta:

Tabla LXX. **Datos para determinar la calidad con base a las mejoras propuestas**

Máquina	Producto	Producción real (PR) (piezas)	Unidades buenas
COR-39	2362-311	39 000	35 100
	2362-439	57 000	51 300
Promedio		48 000	48 000
COR-45	0002-C18	54 000	48 600
	0002-A65	51 000	45 900
Promedio		52 500	52 500
COR-46	2362-295	48 000	43 200
	0002-C18	51 000	45 900
	2362-401	54 000	48 600
Promedio		51 000	51 000
COR-76	2362-426	54 000	48 600
	2362-296	51 600	46 440
Promedio		52 800	52 800
COR-89	2362-531	51 000	45 900
	0626-002	48 000	43 200
Promedio		49 500	49 500

Fuente: elaboración propia.

Al tener el valor de la producción de la producción real y las unidades buenas se procede a determinar el porcentaje de calidad en cada máquina.

Tabla LXXI. **Determinación del porcentaje de calidad por máquina con base a las mejoras propuestas**

	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Calidad	90,00 %	90,00 %	90,00 %	90,00 %	90,00 %

Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó en el apartado 2.6.2, para el factor de la disponibilidad en promedio se tiene un 27 % de unidades defectuosas dentro de un lote de

producción, pero tal y como se menciona anteriormente, al aplicar las mejoras únicamente se tendrá un 10 % de anomalías en el lote. Esto provoca que en el cálculo del porcentaje de calidad, para todas las máquinas, este sea el mismo, pues se está trabajando en una proyección promedio para cada producto. Con base en los porcentajes de disponibilidad, rendimiento y calidad, se determina el indicador OEE con las mejoras propuestas, tal y como se calculó en el apartado 2.6.2.

Tabla LXXII. **Determinación del porcentaje de OEE por máquina y resumen de los resultados obtenidos para la disponibilidad, calidad y rendimiento con base a las mejoras propuestas**

Indicador	Máquina				
	COR-39	COR-45	COR-46	COR-76	COR-89
Disponibilidad	84,28 %	89,32 %	82,48 %	84,88 %	76,24 %
Rendimiento	94,92 %	91,13 %	94,55 %	96,00 %	96,19 %
Calidad	90,00 %	90,00 %	90,00 %	90,00 %	90,00 %
OEE	72,00 %	73,26 %	70,18 %	73,33 %	66,00 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La determinación del porcentaje OEE indica, de acuerdo con la tabla XL del apartado 2.6.2, que con las mejoras propuestas el indicador se encuentra entre el 65 % y 75 %. Esto da a conocer que las cortadoras de sello lateral aún siguen provocando pérdidas económicas, pero es aceptable, pues se está en un proceso de mejora y en este indicador no se ha tomado en cuenta las demás mejoras propuesta por medio de otras herramientas como la redistribución *layout*, cambio de herramientas SMED, grupos de mejora *kaizen* y 5S.

2.7.6.2.2. Aprovechamiento del equipo (AE)

Tras determinar el índice OEE se procede a establecer el valor del aprovechamiento del equipo (AE), ya que ese último se realiza con base en el tiempo calendario de producción y el tiempo operativo real se calcula de forma anual, a diferencia del factor de disponibilidad que se trabajó por turno.

Fijar el valor del AE se lleva a cabo por medio del procedimiento presentado en el apartado 2.6.2 y para determinar los valores de TP, PNP y PP se tomará como base los promedios encontrados para estos aspectos en cada máquina que se encuentra en la tabla LXVI.

Al tener estos valores se procede a calcular el valor anual, tal y como lo requiere el AE, multiplicando por 2 turnos (porque en la disponibilidad se determinó por turno y el día consta de 2 turnos) y luego se multiplica por 358 días (durante el año la planta se para durante 7 días, es decir, no se trabaja durante ese tiempo).

Tabla LXXIII. **Valores anuales para determinar el AE con base a las mejoras propuestas**

Máquina	Valores por turno			Valores anuales		
	Tiempo programado (TP) (horas)	Tiempo de paradas planeadas (PP)	Tiempo de paradas no planeadas (PNP)	Tiempo programado (TP) (horas)	Tiempo de paradas planeadas (PP)	Tiempo de paradas no planeadas (PNP)
COR-39	12	2	1,57	8 592	1 432	1 125,55
COR-45	12	2	1,07	8 592	1 432	764,69
COR-46	12	2	1,75	8 592	1 432	1 254,43
COR-76	12	2	1,51	8 592	1 432	1 082,59
COR-89	12	2	2,38	8 592	1 432	1 701,22

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Al tener los valores anuales se procede a realizar el cálculo del índice AE para cada máquina, tal y como se hizo en el apartado 2.6.2 para este indicador.

Tabla LXXIV. **Determinación del indicador AE para cada máquina con base a las mejoras propuestas**

Máquina	Tiempo de funcionamiento (horas)	Indicador AE
COR-39	6 034,45	70,23 %
COR-45	6 395,31	74,43 %
COR-46	5 905,57	68,73 %
COR-76	6 077,41	70,73 %
COR-89	5 458,78	63,53 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Como se observa en la tabla anterior, el aprovechamiento del equipo para cada máquina presenta un incremento significativo luego de aplicar las mejoras propuestas, porque se disminuyó en gran medida la cantidad de paradas no planeadas.

Tras haber calculado el valor del índice OEE y AE para cada máquina con las propuestas de mejora incluidas, es posible determinar la Productividad Total Efectiva del Equipo (PTEE), el cual es el último indicador que muestra el estado de las máquinas luego de implementar las estrategias de mejora.

El PTEE resulta de la multiplicación del OEE con el AE, y a continuación se presenta la tabla resumen que contiene los valores calculados para los indicadores antes mencionados.

Tabla LXXV. Determinación de la productividad total del equipo (PTEE) con base a las mejoras propuestas

Máquina	Indicador OEE	Indicador AE	Productividad total del equipo (PTEE)
COR-39	69,75 %	70,23 %	48,99 %
COR-45	73,26 %	74,43 %	54,53 %
COR-46	70,18 %	68,73 %	48,24 %
COR-76	73,33 %	70,73 %	51,87 %
COR-89	66,00 %	63,53 %	41,93 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

De acuerdo con lo presentado anteriormente, se puede observar que la productividad incrementó en promedio 18 % para cada máquina.

2.7.7. Implementación de metodología SMED

La metodología SMED es una herramienta de mejora continua que tiene como principal objetivo disminuir el tiempo de cambio en las máquinas y aumentar la fiabilidad de dicho proceso de cambio.

Es de vital importancia que al implementar esta metodología todo el personal esté comprometido en realizar las actividades tal y como se describen para lograr la disminución de los tiempos. Dichos tiempos fueron tomados durante el análisis de los procesos de cambio que existen en la técnica de sello lateral y servirán como premisa para realizar el estudio de tiempo de cambio en serie, el cual es el tiempo que transcurre desde la última pieza buena del lote anterior hasta que se obtiene la primera pieza buena del lote siguiente.

Dentro del periodo de tiempo de cambio se realizan todas las actividades que componen el proceso y se pueden dividir en internas y externas. Las internas son todas aquellas actividades que se llevan a cabo mientras la máquina se encuentra detenida, por otro lado, las externas se realizan cuando la máquina continúa con la producción de piezas buenas.

Para implementar la metodología SMED es necesario seguir una serie de etapas que guiarán de una forma más fácil al encargado de ejecutar las acciones propuestas y así lograr el objetivo de disminuir el tiempo de cambio. Las etapas se describen a continuación:

- Etapa 1: estudio de la situación actual

La técnica de sello lateral, tal y como se detalló en el apartado 2.2, consta de 8 procesos para obtener el producto terminado, de los cuales 5 se encuentran dentro de la denominación de proceso de cambio y estos son: cuadro por cambio de material para familia 1, cuadro por cambio de material para familia 2, cambio de bobina, cambio de teflón para COR-89 y cambio de teflón para COR-39, COR-45, COR-46 y COR-76.

Los procesos mencionados anteriormente reúnen las características para ser optimizados por medio de SMED, ya que para su ejecución se inicia con la fabricación de una pieza buena de la serie anterior y culmina con la fabricación de una pieza buena de la serie siguiente.

Para efectos de la propuesta diseñada en el proyecto, el análisis de las 4 etapas se llevará a cabo en los procesos que se enlistan a continuación para que sean la base guía de implementación y posteriormente el área de corte se encargue de realizar el mismo análisis para los demás procesos:

- Proceso de cuadro por cambio de material para familia 1
- Proceso de cambio de teflón para COR-89
- Proceso de cambio de bobina

De los dos procesos de cuadro y de cambio de teflón se escogieron los enlistados anteriormente, ya que son los que presentan mayor tiempo de cambio actual.

A continuación se presentan los tres procesos piloto para la implementación de SMED:

Tabla LXXVI. Tiempo de cambio para el cuadro por cambio de material para la familia 1

No.	Actividad	Herramientas	Tiempo (min)
1	Liberación de pedido en sistema	--	10,96
2	Búsqueda de la orden de pedido	--	9,07
3	Espera de bobinas	--	7,13

Continuación de la tabla LXXVI.

4	Instalación de bobina	Cuchilla, martillo y metro	18,25
5	Instalar perforadores y sistema mecánico de presión	Llaves cola corona y metro	16,86
6	Alineación de impresión	--	10,30
7	Verificar medidas y posición de la película plástica	--	1,40
8	Instalar platos de fuelle y ajustar eje de precorte	Llaves allen y llaves cola corona	3,73
9	Instalación de fotocelda	Desarmadores	5,90
10	Realización de pruebas para medidas	--	7,08
11	Ajuste de temperatura	--	1,33
12	Realización de pruebas para sello	--	3,16
13	Entrega de muestras el depto. de calidad	--	9,41
Tiempo de cambio			104,56

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla LXXVII. **Tiempo de cambio para cambio de teflón en COR-89**

No.	Actividad	Herramientas	Tiempo (min)
1	Traslado a bodega de materia prima	--	3,00
2	Adquisición del teflón nuevo	--	2,50
3	Adquisición de lija	--	1,20
4	Traslado hacia máquina	--	3,00
5	Espera hasta que se enfríe el cabezal	--	45,00
6	Desatornillar cojinete de la armazón de las bandas	Desarmadores y llaves Allen	10,21
7	Desatornillar la cubierta protectora de engranajes	Desarmadores y llaves Allen	3,17
8	Desatornillar y retirar rodillos de las bandas	Desarmadores, llaves Allen y torxs	3,85
9	Desatornillar y retirar el cabezal de corte	Desarmadores, llaves Allen y <i>vice gripe</i>	5,30
10	Desatornillar y retirar cortina	Desarmadores, llaves Allen y <i>vice gripe</i>	5,75
11	Desatornillar cojinete	Desarmadores, llaves Allen y <i>vice gripe</i>	17,72
12	Desatornillar rodillo sellador	Desarmadores	7,42
13	Desinstalar el rodillo sellador de la máquina	Llave tipo C	8,25
14	Retirar el teflón dañado del rodillo sellador	Cuchilla	5,00

Continuación de la tabla LXXVII.

15	Adherir el teflón nuevo al rodillo	Cuchilla y metro	7,20
16	Instalar el rodillo sellador y verificar que este centrado	Llave tipo C	8,18
17	Unión del rodillo sellador a la máquina	Llave tipo C	5,30
18	Unión del rodillo sellador al cojinete	Desarmadores, llaves Allen y <i>vice gripe</i>	15,52
19	Limpieza de la cortina	Espátula	12,62
20	Unión de la cortina al rodillo sellador	Desarmadores, llaves Allen y <i>vice gripe</i>	1,67
21	Posicionar el cabezal sobre su base y verificar que este centrado	--	4,77
22	Unión de los rodillos de las bandas con la máquina	Desarmadores, llaves Allen y torxs	2,14
23	Unión de la cubierta protectora de engranajes con la máquina	Desarmadores y llaves Allen	1,47
24	Unión del cojinete con los rodillos de las bandas	Desarmadores y llaves Allen	8,43
25	Verificar unión entre el cojinete y los rodillos de las bandas	--	1,02
26	Ordenar y ajustar en su posición las bandas	Cuchilla y metro	5,00
27	Verificar la posición de las bandas	--	1,12
28	Poner en funcionamiento las bandas	--	0,50
29	Graduar la temperatura del cabezal	--	1,05
30	Traslado de teflón sobrante	--	3,00
Tiempo de cambio			200,35

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla LXXVIII. **Tiempo de cambio para el proceso de cambio de bobina**

No.	Actividad	Herramientas	Tiempo (min)
1	Búsqueda del carro elevador de bobina	--	3,18
2	Trasladar bobina	--	1,95
3	Retirar contrapeso y sobrante de la bobina anterior	Metro, martillo y cuchilla	1,04
4	Accionar mecanismo para elevar la bobina	--	1,43
5	Verificar altura de la bobina	Metro	0,99
6	Retirar embalaje de la bobina	Cuchilla	0,76
7	Instalar barra giratoria en el core	--	1,06
8	Instalar la bobina en la bailarina y verificar que este centrada	--	0,77
9	Unir película anterior con la película nueva	Cuchilla y metro	4,05
10	Verificar posición de la película	--	0,52

Continuación de la tabla LXXVIII.

11	Instalar contrapeso	--	0,70
12	Verificar el eje del precorte y platos para fuelle	--	1,23
13	Ajustar la película en rodillos tractores e inyectores	--	0,46
14	Accionar el funcionamiento de la máquina	--	0,23
15	Esperar a que la máquina corte la pieza con la unión de tape adhesivo	--	1,33
16	Trasladar el carro elevador de bobina	--	1,24
Tiempo de cambio			20,93

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Etapa 2: separación de las actividades internas y externas

Luego de realizar la etapa 1 se procede a identificar y separar las actividades en externas o internas. Tal y como se describió al inicio, las actividades internas son las que se realizan cuando la máquina está parada y las externas con las que se llevan a cabo cuando la máquina se encuentra produciendo.

A continuación se muestran las tablas en donde se especifica el tipo de actividad que es cada una de las operaciones comprendidas en los procesos y el tiempo en el que la máquina se encuentra en funcionamiento (tiempo de actividades externas) o detenida (tiempo de actividades internas) durante los proceso de cambio.

Tabla LXXIX. **Identificación de actividades internas y externas para el cuadro por cambio de material de familia 1**

No.	Actividad	Externa	Interna	Tiempo (min)
1	Liberación de pedido en sistema	X		10,96
2	Búsqueda de la orden de pedido	X		9,07
3	Espera de bobinas		X	7,13
4	Instalación de bobina		X	18,25
5	Instalar perforadores y sistema mecánico de presión		X	16,86
6	Alineación de impresión		X	10,30
7	Verificar medidas y posición de la película plástica		X	1,40
8	Instalar platos de fuelle y ajustar eje de precorte		X	3,73
9	Instalación de fotocelda		X	5,90
10	Realización de pruebas para medidas	X		7,08
11	Ajuste de temperatura		X	1,33
12	Realización de pruebas para sello	X		3,16
13	Entrega de muestras al depto. de calidad	X		9,41
Tiempo de cambio		39,60	64,89	104,56

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla LXXX. **Identificación de las actividades internas y externas para el cambio de teflón en COR-89**

No.	Actividad	Externa	Interna	Tiempo (min)
1	Traslado a bodega de materia prima		X	3,00
2	Adquisición del teflón nuevo		X	2,50
3	Adquisición de lija		X	1,20
4	Traslado hacia máquina		X	3,00
5	Espera hasta que se enfríe el cabezal		X	45,00
6	Desatornillar cojinete de la armazón de las bandas		X	10,21
7	Desatornillar la cubierta protectora de engranajes		X	3,17
8	Desatornillar y retirar rodillos de las bandas		X	3,85
9	Desatornillar y retirar el cabezal de corte		X	5,30
10	Desatornillar y retirar cortina		X	5,75
11	Desatornillar cojinete		X	17,72
12	Desatornillar rodillo sellador		X	7,42
13	Desinstalar el rodillo sellador de la máquina		X	8,25
14	Retirar el teflón dañado del rodillo sellador		X	5,00
15	Adherir el teflón nuevo al rodillo		X	7,20

Continuación de la tabla LXXX.

16	Instalar el rodillo sellador y verificar que este centrado		X	8,18
17	Unión del rodillo sellador a la máquina		X	5,30
18	Unión del rodillo sellador al cojinete		X	15,52
19	Limpieza de la cortina		X	12,62
20	Unión de la cortina al rodillo sellador		X	1,67
21	Posicionar el cabezal sobre su base y verificar que este centrado		X	4,77
22	Unión de los rodillos de las bandas con la máquina		X	2,14
23	Unión de la cubierta protectora de engranajes con la máquina		X	1,47
24	Unión del cojinete con los rodillos de las bandas		X	8,43
25	Verificar unión entre el cojinete y los rodillos de las bandas		X	1,02
26	Ordenar y ajustar en su posición las bandas		X	5,00
27	Verificar la posición de las bandas		X	1,12
28	Poner en funcionamiento las bandas	X		0,50
29	Graduar la temperatura del cabezal		X	1,05
30	Traslado de teflón sobrante		X	3,00
Tiempo de cambio		0,50	199,85	200,35

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla LXXXI. **Identificación de las actividades internas y externas del cambio de bobina**

No.	Actividad	Externa	Interna	Tiempo (min)
1	Búsqueda del carro elevador de bobina		X	3,18
2	Trasladar bobina		X	1,95
3	Retirar contrapeso y sobrante de la bobina anterior		X	1,04
4	Accionar mecanismo para elevar la bobina		X	1,43
5	Verificar altura de la bobina		X	0,99
6	Retirar embalaje de la bobina		X	0,76
7	Instalar barra giratoria en el core		X	1,06
8	Instalar la bobina en la bailarina y verificar que este centrada		X	0,77
9	Unir película anterior con la película nueva		X	4,05
10	Verificar posición de la película		X	0,52
11	Instalar contrapeso		X	0,70

Continuación de la tabla LXXXI.

12	Verificar el eje del precorte y platos para fuelle		X	1,23
13	Ajustar la película en rodillos tractores e inyectores		X	0,46
14	Accionar el funcionamiento de la máquina	X		0,23
15	Esperar a que la máquina corte la pieza con la unión de tape adhesivo	X		1,33
16	Trasladar el carro elevador de bobina	X		1,24
Tiempo de cambio		2,79	18,13	20,93

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Etapa 3: convertir las actividades internas en externas

Durante la tercera etapa las actividades se analizan detalladamente para determinar si alguna de las tareas se está tomando como interna, cuando en realidad puede ser realizada mientras la máquina esté en funcionamiento y produciendo unidades buenas.

A continuación se muestra el detalle de las actividades que se han tomado erróneamente como internas, además se puede observar en las tablas que el tiempo de actividades externas incrementó y el de las internas disminuyó como un factor positivo para el aumento de la eficiencia. Es importante tomar en cuenta que, para el proceso de cambio de teflón en COR-89, sí se obtuvo un incremento en el tiempo de las actividades externas y una disminución en las internas pero este último no fue sobrepasado por el tiempo de tareas externas, como fue el caso de los otros dos procesos.

Tabla LXXXII. **Conversión de actividades internas a externas para el proceso de cuadro por cambio de material para familia 1**

No.	Actividad	Externa	Interna	Tiempo (min)
1	Liberación de pedido en sistema	X		10,69
2	Búsqueda de la orden de pedido	X		9,07
3	Espera de bobinas	X		7,13
4	Instalación de bobina	X		18,25
5	Instalar perforadores y sistema mecánico de presión		X	16,86
6	Alineación de impresión		X	10,30
7	Verificar medidas y posición de la película plástica		X	1,40
8	Instalar platos de fuelle y ajustar eje de precorte		X	3,73
9	Instalación de fotocelda		X	5,90
10	Realización de pruebas para medidas	X		7,08
11	Ajuste de temperatura	X		1,33
12	Realización de pruebas para sello	X		3,16
13	Entrega de muestras el depto. de calidad	X		9,41
Tiempo de cambio		66,31	38,19	104,56

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla LXXXIII. **Conversión de actividades internas a externas para el proceso de cambio de teflón de COR-89**

No.	Actividad	Externa	Interna	Tiempo (min)
1	Traslado a bodega de materia prima	X		3,00
2	Adquisición del teflón nuevo	X		2,50
3	Adquisición de lija	X		1,20
4	Traslado hacia máquina	X		3,00
5	Espera hasta que se enfríe el cabezal		X	45,00
6	Desatornillar cojinete de la armazón de las bandas		X	10,21
7	Desatornillar la cubierta protectora de engranajes		X	3,17
8	Desatornillar y retirar rodillos de las bandas		X	3,85
9	Desatornillar y retirar el cabezal de corte		X	5,30
10	Desatornillar y retirar cortina		X	5,75
11	Desatornillar cojinete		X	17,72
12	Desatornillar rodillo sellador		X	7,42
13	Desinstalar el rodillo sellador de la máquina		X	8,25
14	Retirar el teflón dañado del rodillo sellador		X	5,00

Continuación de la tabla LXXXIII.

15	Adherir el teflón nuevo al rodillo		X	7,20
16	Instalar el rodillo sellador y verificar que este centrado		X	8,18
17	Unión del rodillo sellador a la máquina		X	5,30
18	Unión del rodillo sellador al cojinete		X	15,52
19	Limpieza de la cortina		X	12,62
20	Unión de la cortina al rodillo sellador		X	1,67
21	Posicionar el cabezal sobre su base y verificar que este centrado		X	4,77
22	Unión de los rodillos de las bandas con la máquina		X	2,14
23	Unión de la cubierta protectora de engranajes con la máquina		X	1,47
24	Unión del cojinete con los rodillos de las bandas		X	8,43
25	Verificar unión entre el cojinete y los rodillos de las bandas		X	1,02
26	Ordenar y ajustar en su posición las bandas		X	5,00
27	Verificar la posición de las bandas		X	1,12
28	Poner en funcionamiento las bandas	X		0,50
29	Graduar la temperatura del cabezal	X		1,05
30	Traslado de teflón sobrante	X		3,00
Tiempo de cambio		14,24	186,11	200,35

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla LXXXIV. Conversión de actividades internas a externas para el proceso de cambio de bobina

No.	Actividad	Externa	Interna	Tiempo (min)
1	Búsqueda del carro elevador de bobina	X		3,18
2	Trasladar bobina	X		1,95
3	Retirar contrapeso y sobrante de la bobina anterior		X	1,04
4	Accionar mecanismo para elevar la bobina	X		1,43
5	Verificar altura de la bobina	X		0,99
6	Retirar embalaje de la bobina	X		0,76
7	Instalar barra giratoria en el core		X	1,06
8	Instalar la bobina en la bailarina y verificar que este centrada		X	0,77
9	Unir película anterior con la película nueva		X	4,05
10	Verificar posición de la película		X	0,52
11	Instalar contrapeso		X	0,70

Continuación de la tabla LXXXIV.

12	Verificar el eje del precorte y platos para fuelle		X	1,23
13	Ajustar la película en rodillos tractores e inyectores		X	0,46
14	Accionar el funcionamiento de la máquina	X		0,23
15	Esperar a que la máquina corte la pieza con la unión de tape adhesivo	X		1,33
16	Trasladar el carro elevador de bobina	X		1,24
Tiempo de cambio		11,11	9,82	20,93

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Etapa 4: optimización de las actividades internas y externas

Para la última etapa se busca optimizar las actividades detalladas en cada proceso para incrementar la eficiencia de cada uno, para esto es necesario analizar cada tarea, la habilidad de los operadores y el tiempo requerido de cada uno para proponer las ideas de mejora.

- Proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1

Con base con lo mencionado anteriormente se muestran las propuestas para optimizar las actividades del proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1:

- Las actividades 1 y 5 se pueden realizar al mismo tiempo, ya que actualmente mientras el operador realiza la liberación del pedido el ayudante espera en la máquina sin realizar algún trabajo en específico, por lo tanto, se propone que la actividad 1 se realice por el ayudante y la actividad 5 por el operador. Dado lo mencionado, el tiempo de liberación de

pedido será cero, pues la actividad de instalar los perforadores, como es mayor, absorbe el tiempo de la actividad 1.

- Las actividades 2 y 3 se pueden realizar al mismo tiempo, ya que mientras esperan las bobinas para instalarlas en la máquina, tanto el operador como el ayudante pueden dirigirse a buscar la orden de pedido: el operador a la oficina de los supervisores y el ayudante al departamento de planificación. Por lo tanto, el tiempo de ambas actividades tomará el valor de la tarea con mayor tiempo, que en este caso será la búsqueda de la orden de pedido.

A continuación se presenta la tabla con las mejoras propuestas para las actividades y por ende para los tiempos, además se da a conocer el tiempo total para diagrama de operaciones (sumando las operaciones, verificaciones y actividades combinadas) y el tiempo total del diagrama de flujo, que es el mismo tiempo de cambio (sumando operaciones, verificaciones, actividades combinadas, demoras y traslados).

Tabla LXXXV. **Optimización de las actividades para el cuadro por cambio de material para la familia 1**

No.	Actividad	Tiempo (min)
1	Liberación de pedido en sistema	0,00
2	Búsqueda de la orden de pedido	9,07
3	Espera de bobinas	0,00
4	Instalación de bobina	18,25
5	Instalar perforadores y sistema mecánico de presión	16,86
6	Alineación de impresión	10,30
7	Verificar medidas y posición de la película plástica	1,40
8	Instalar platos de fuelle y ajustar eje de precorte	3,73
9	Instalación de fotocelda	5,90

Continuación de la tabla LXXXV.

10	Realización de pruebas para medidas	7,08
11	Ajuste de temperatura	1,33
12	Realización de pruebas para sello	3,16
13	Traslado de muestras el depto. de calidad	9,41
Tiempo de cambio o diagrama de flujo		86,48
Tiempo de diagrama de operaciones		68,01

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para dar a conocer de manera visual y comparativa con los procesos del apartado 2.2, en las figuras 64 y 65 se presentan los diagramas de operaciones y de flujo, respectivamente, en los cuales se detallan las operaciones optimizadas.

Figura 63. **Diagrama de operaciones para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1 con base en la optimización de actividades**

DIAGRAMA DE OPERACIONES		
EMPRESA: Polytec, S.A.	MÉTODO: Actual	PAGINA: 1/1
DEPARTAMENTO: Corte	DIAGRAMADO POR: Kyara Coronado	FECHA:
PROCESO: Cuadre por cambio de material para familia 1	AUTORIZADO POR: Ing. Mariana Hernández	

Cuadre por cambio de material para familia 1

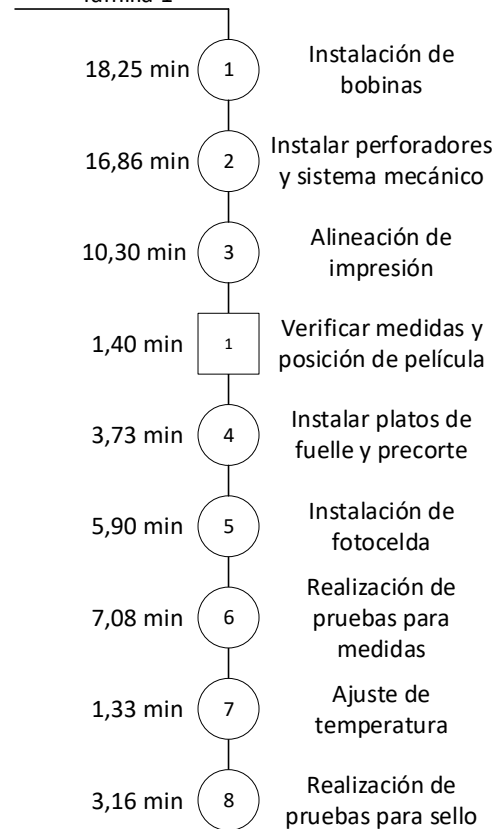
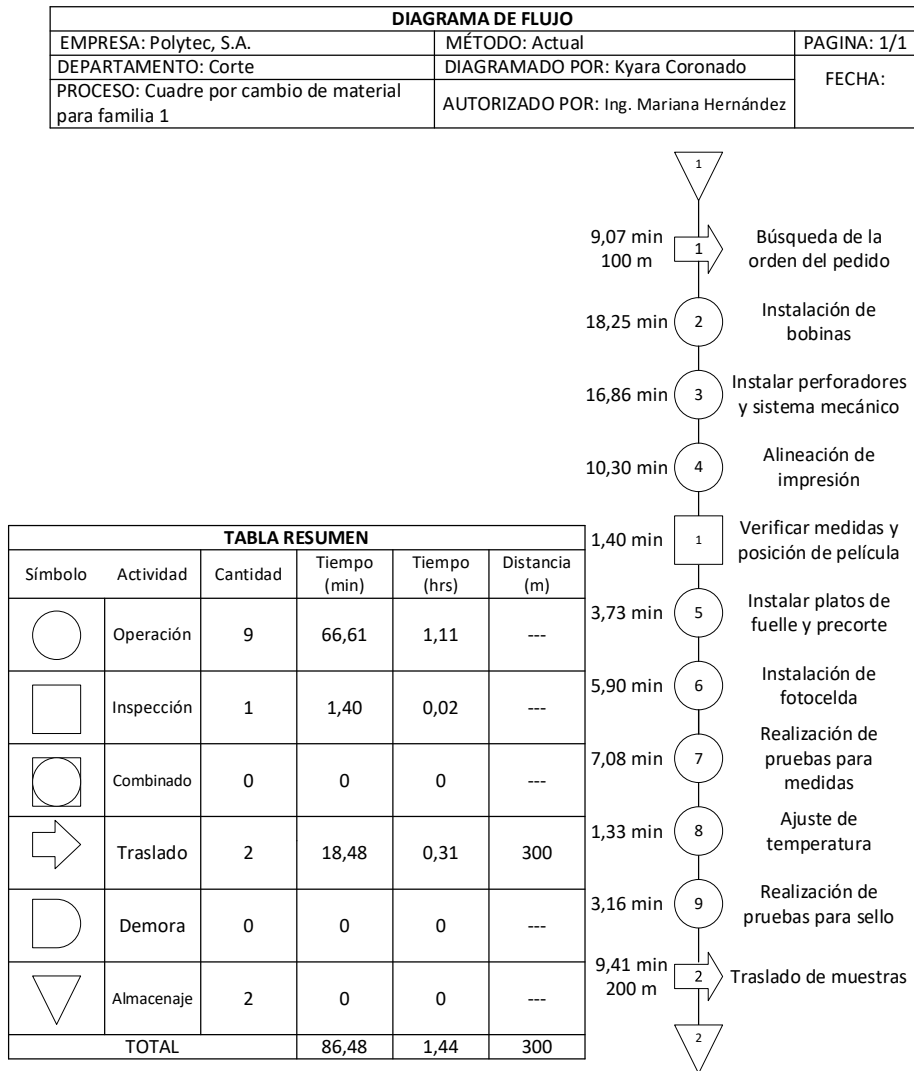


TABLA RESUMEN				
Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo (hrs)
○	Operación	8	66,61	1,11
□	Inspección	1	1,40	0,02
◻	Combinado	0	0	0
TOTAL			68,01	1,13

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Figura 64. Diagrama de flujo para el proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1 con base en la optimización de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Al obtener el tiempo de los diagramas de flujo y de operaciones se procede a determinar la eficiencia del proceso que se tendrá al aplicar las mejoras propuestas:

$$Eficiencia = \frac{\text{tiempo del diagrama de operaciones}}{\text{tiempo el diagrama de flujo}} * 100 \%$$

$$Eficiencia = \frac{68,01 \text{ min}}{86,48 \text{ min}} * 100 \% = 78,63 \%$$

La eficiencia del proceso de cuadro por cambio de material para la familia 1 será del 78,63 %, siendo este un porcentaje mayor al que se tiene actualmente (73,56 %) sin la implementación de las mejoras.

- Proceso de cambio de teflón para COR-89

En las actividades internas de la COR-89 no se obtuvo un valor menor con respecto a las externas, tal y como se dio en los otros dos procesos, sin embargo, a continuación se presentan las propuestas de mejora que se deberán realizar en el proceso para incrementar su eficiencia.

- Las actividades 1, 2, 3, 4, 6, 7 y 8 se pueden llevar a cabo mientras se está esperando a que el cabezal de corte disminuya su temperatura para poder movilizarlo con seguridad. Por lo tanto, a los 75 minutos de espera de la actividad 5 se le restan los tiempos de las actividades mencionadas anteriormente y esto da como resultado un tiempo de espera de 18.08 minutos.

Al igual que para el proceso anterior, se presenta la tabla con las mejoras propuestas para las actividades y, por ende, para los tiempos, además se da a conocer el tiempo total para diagrama de operaciones (sumando las operaciones, verificaciones y actividades combinadas) y el tiempo total del diagrama de flujo,

que es el mismo tiempo de cambio (sumando operaciones, verificaciones, actividades combinadas, demoras y traslados).

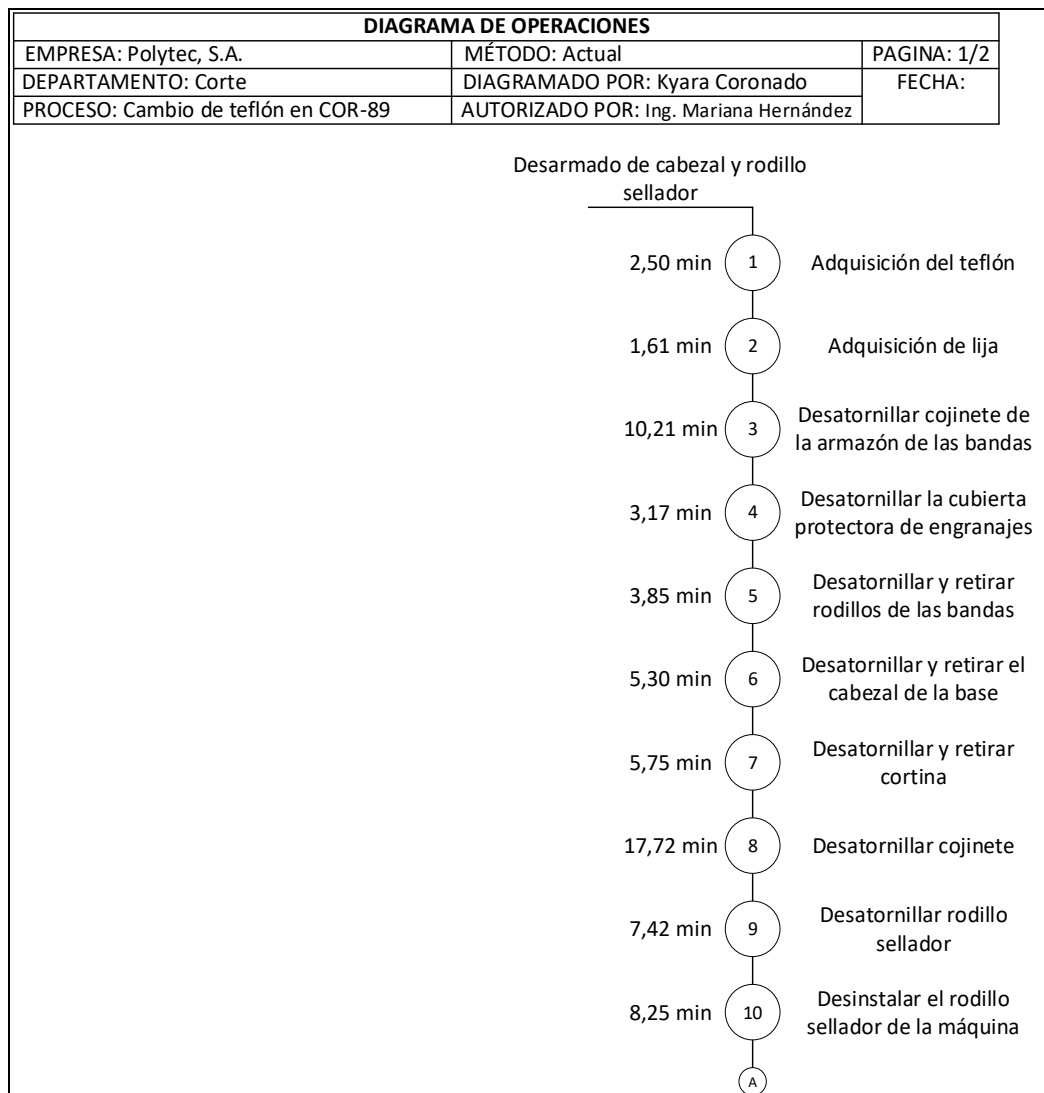
Tabla LXXXVI. **Optimización de las actividades para el cambio de teflón de la COR-89**

No.	Actividad	Tiempo (min)
1	Traslado a bodega de materia prima	3,00
2	Adquisición del teflón nuevo	2,50
3	Adquisición de lija	1,20
4	Traslado hacia máquina	3,00
5	Espera hasta que se enfríe el cabezal	18,08
6	Desatornillar cojinete de la armazón de las bandas	10,21
7	Desatornillar la cubierta protectora de engranajes	3,17
8	Desatornillar y retirar rodillos de las bandas	3,85
9	Desatornillar y retirar el cabezal de corte	5,30
10	Desatornillar y retirar cortina	5,75
11	Desatornillar cojinete	17,72
12	Desatornillar rodillo sellador	7,42
13	Desinstalar el rodillo sellador de la máquina	8,25
14	Retirar el teflón dañado del rodillo sellador	5,00
15	Adherir el teflón nuevo al rodillo	7,20
16	Instalar el rodillo sellador y verificar que este centrado	8,18
17	Unión del rodillo sellador a la máquina	5,30
18	Unión del rodillo sellador al cojinete	15,52
19	Limpieza de la cortina	12,62
20	Unión de la cortina al rodillo sellador	1,67
21	Posicionar el cabezal sobre su base y verificar que este centrado	4,77
22	Unión de los rodillos de las bandas con la máquina	2,14
23	Unión de la cubierta protectora de engranajes	1,47
24	Unión del cojinete con los rodillos de las bandas	8,43
25	Verificar unión entre el cojinete y los rodillos de las bandas	1,02
26	Ordenar y ajustar en su posición las bandas	5,00
27	Verificar la posición de las bandas	1,12
28	Poner en funcionamiento las bandas	0,50
29	Graduar la temperatura del cabezal	1,05
30	Traslado de teflón sobrante	3,00
Tiempo de cambio o diagrama de flujo		203,43
Tiempo de diagrama de operaciones		142,50

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para dar a conocer de manera visual y comparativa con los procesos del apartado 2.2, en las figuras 66 y 67 se presentan los diagramas de operaciones y de flujo, respectivamente, en los cuales se detallan las operaciones optimizadas.

Figura 65. **Diagrama de operaciones para el proceso de cambio de teflón para COR-89 con base en la optimización de actividades**



Continuación de la figura 65.

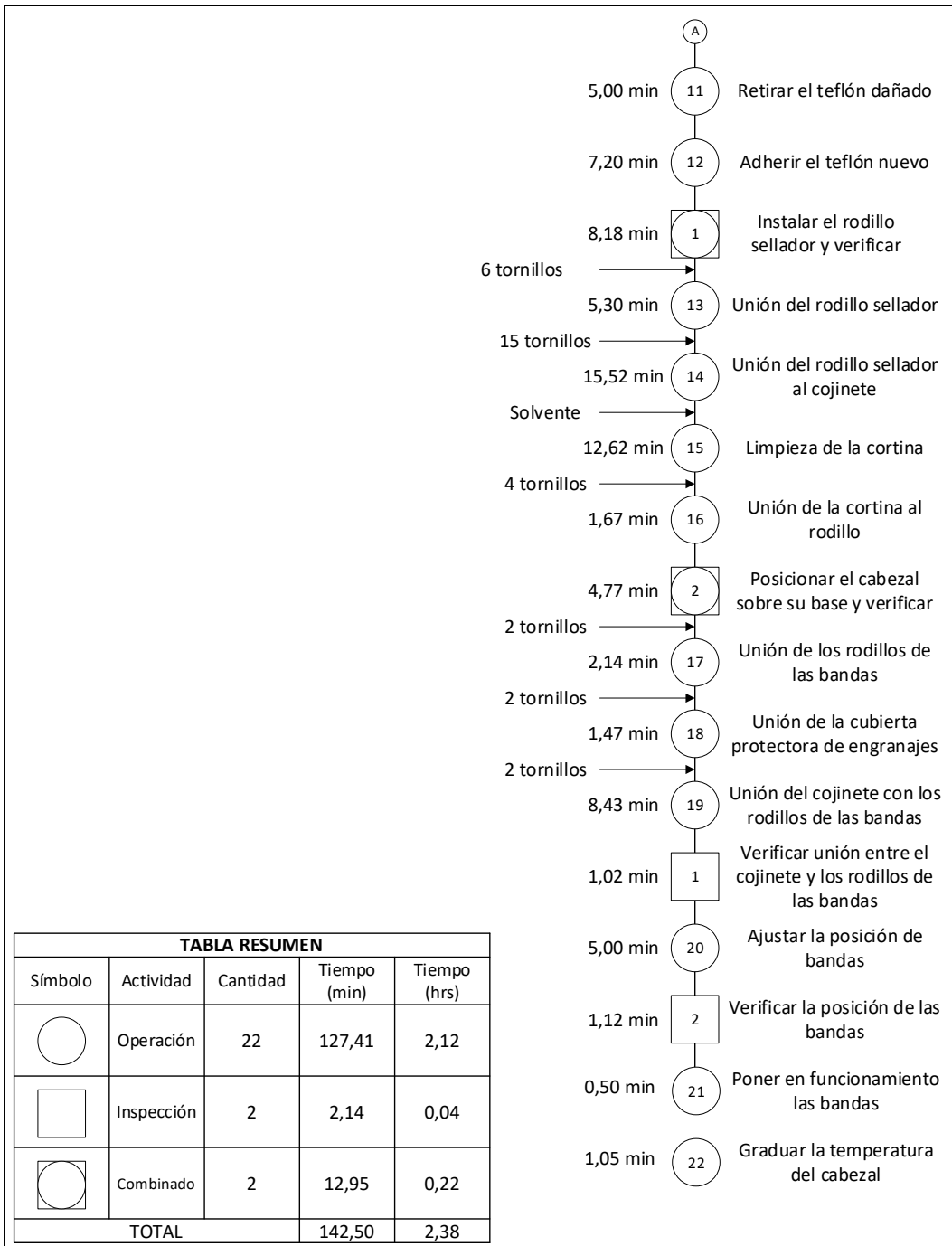
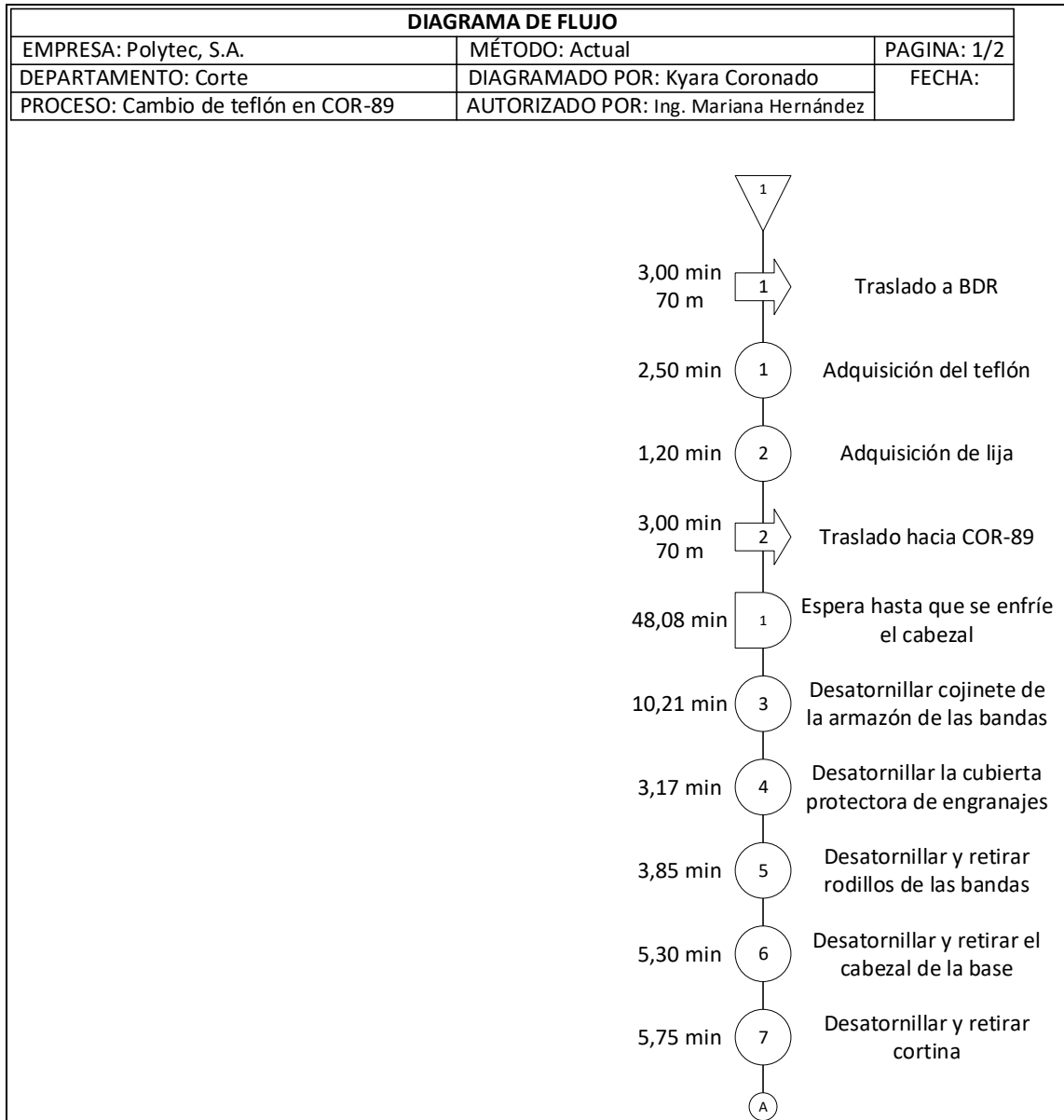


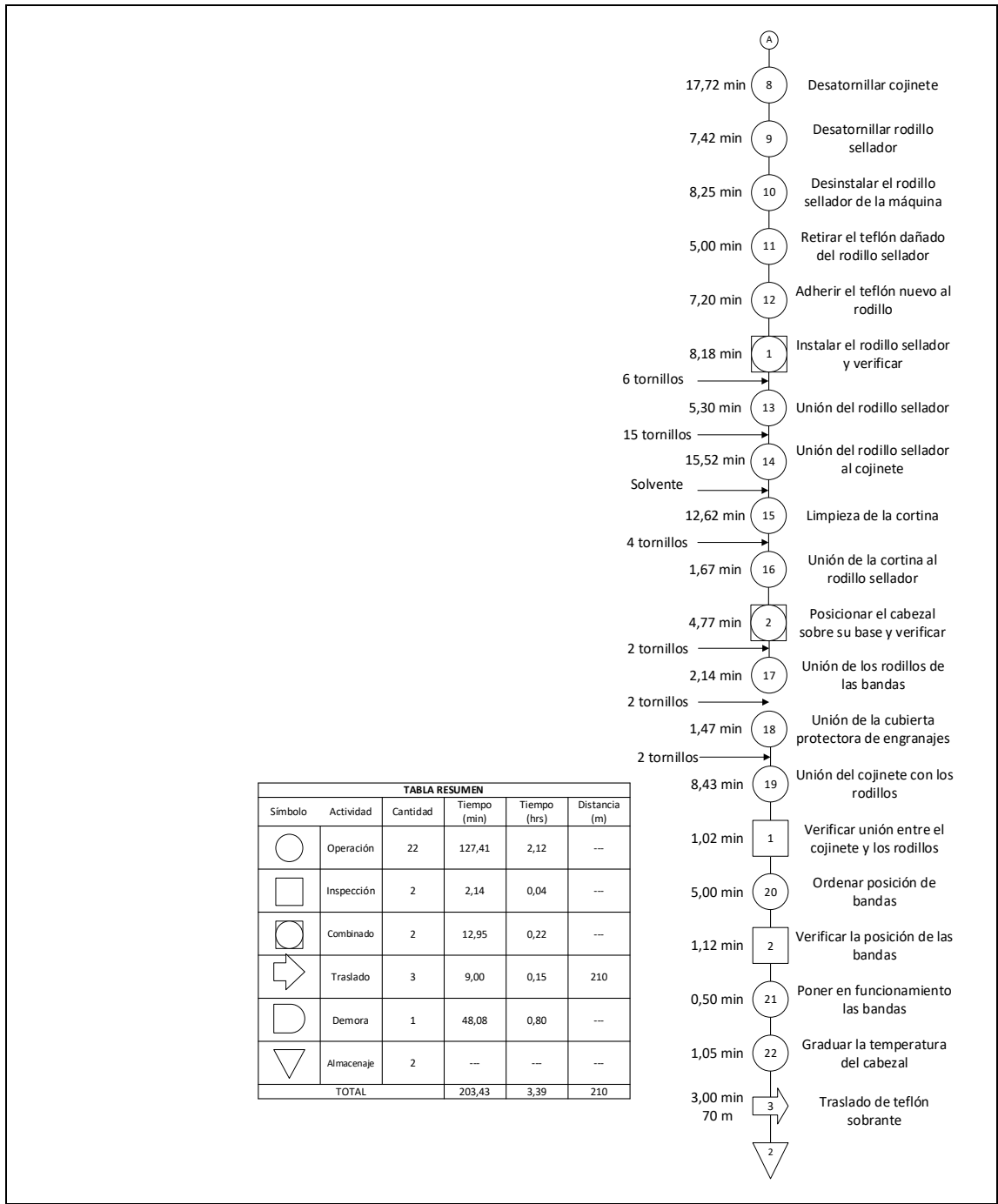
TABLA RESUMEN				
Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo (hrs)
○	Operación	22	127,41	2,12
□	Inspección	2	2,14	0,04
◻	Combinado	2	12,95	0,22
TOTAL			142,50	2,38

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Figura 66. **Diagrama de flujo para el proceso de cambio de teflón para COR-89 con base en la optimización de actividades**



Continuación de la figura 66.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Al obtener el tiempo de los diagramas de flujo y de operaciones se procede a determinar la eficiencia del proceso que se tendrá al aplicar las mejoras propuestas.

$$Eficiencia = \frac{\text{tiempo del diagrama de operaciones}}{\text{tiempo del diagrama de flujo}} * 100 \%$$

$$Eficiencia = \frac{142,50 \text{ min}}{203,43 \text{ min}} * 100 \% = 70,05 \%$$

La eficiencia del proceso de cambio de teflón para la COR-89 es del 70,05 %, siendo este un porcentaje mayor al que se tiene actualmente (62,93 %) sin la implementación de las mejoras.

- Proceso de cambio de bobina

Por último, para el proceso de cambio de bobina, al igual que para los dos procesos anteriores, se propone una serie de mejoras que permitirán el incremento de la eficiencia:

- Las actividades 1 y 3 pueden realizarse al mismo tiempo, ya que actualmente, cuando el operador se dirige a buscar el carro elevador de bobina, el ayudante se queda a la espera sin hacer alguna tarea específica. Por lo tanto, se propone que mientras el operador busca el carro para la bobina, el ayudante proceda a retirar el contrapeso y el sobrante de la bobina. Al realizar dicha mejora, la actividad 3, por ser la de menor tiempo en comparación con la búsqueda del carro elevador de bobina, tendrá un tiempo de cero minutos, y al unir las dos actividades únicamente se tendrá el tiempo de la tarea 1.

- Las actividades 15 y 16 se pueden llevar a cabo de forma simultánea, debido a que mientras el operador espera a que la máquina corte la pieza con la unión de tape adhesivo, el ayudante trasladará el carro elevador de bobina. Debido a lo anterior, el tiempo de la actividad 16 serán 0 minutos porque será absorbido por la tarea 15.

Al igual que para los dos procesos anteriores, se presenta la tabla con las mejoras propuestas para las actividades y por ende para los tiempos, además se da a conocer el tiempo total para diagrama de operaciones (sumando las operaciones, verificaciones y actividades combinadas) y el tiempo total del diagrama de flujo, que es el mismo tiempo de cambio (sumando operaciones, verificaciones, actividades combinadas, demoras y traslados).

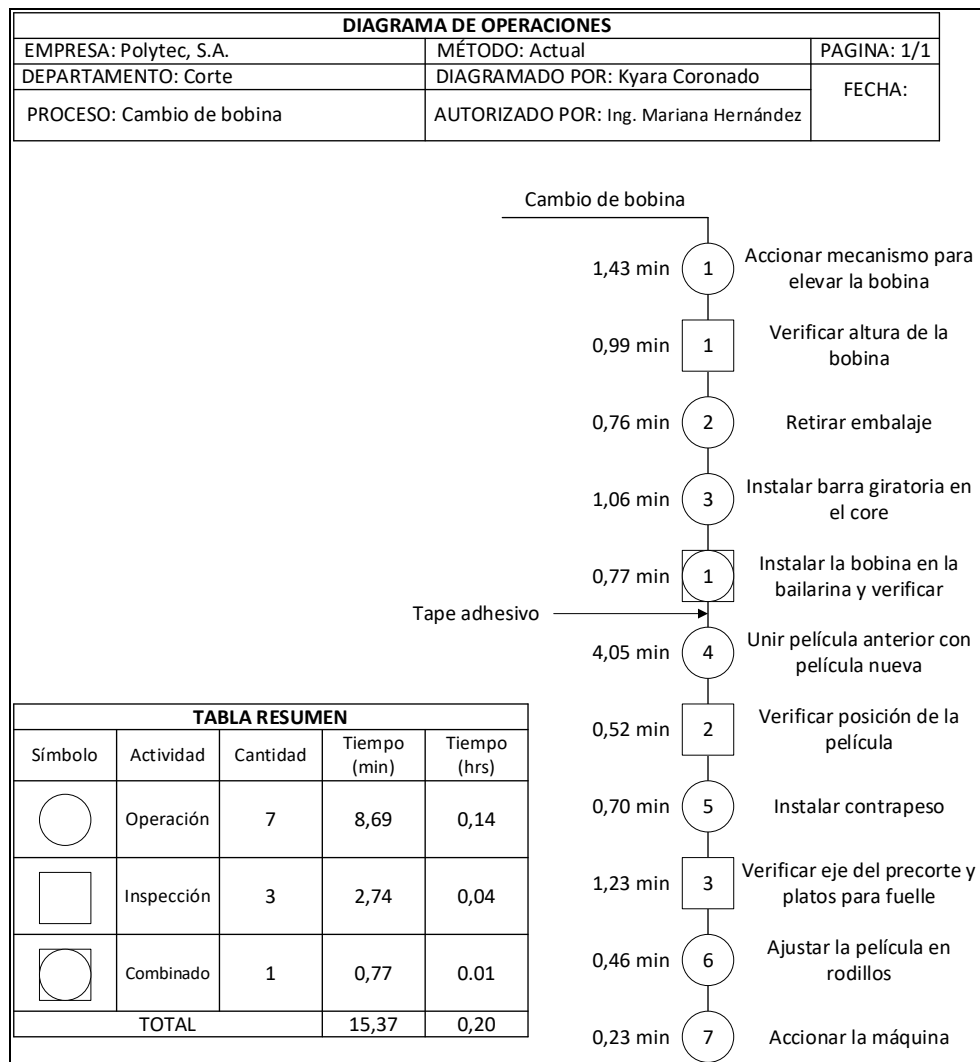
Tabla LXXXVII. **Optimización de las actividades para el cambio de bobina**

No.	Actividad	Tiempo (min)
1	Búsqueda del carro elevador de bobina	3,18
2	Trasladar bobina	1,95
3	Retirar contrapeso y sobrante de la bobina anterior	0,00
4	Accionar mecanismo para elevar la bobina	1,43
5	Verificar altura de la bobina	0,99
6	Retirar embalaje de la bobina	0,76
7	Instalar barra giratoria en el core	1,06
8	Instalar la bobina en la bailarina y verificar que este centrada	0,77
9	Unir película anterior con la película nueva	4,05
10	Verificar posición de la película	0,52
11	Instalar contrapeso	0,70
12	Verificar el eje del precorte y platos para fuelle	1,23
13	Ajustar la película en rodillos tractores e inyectores	0,46
14	Accionar el funcionamiento de la máquina	0,23
15	Esperar a que la máquina corte la pieza con la unión de tape adhesivo	1,33
16	Trasladar el carro elevador de bobina	0,00
Tiempo de cambio o diagrama de flujo		18,65
Tiempo de diagrama de operaciones		12,20

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

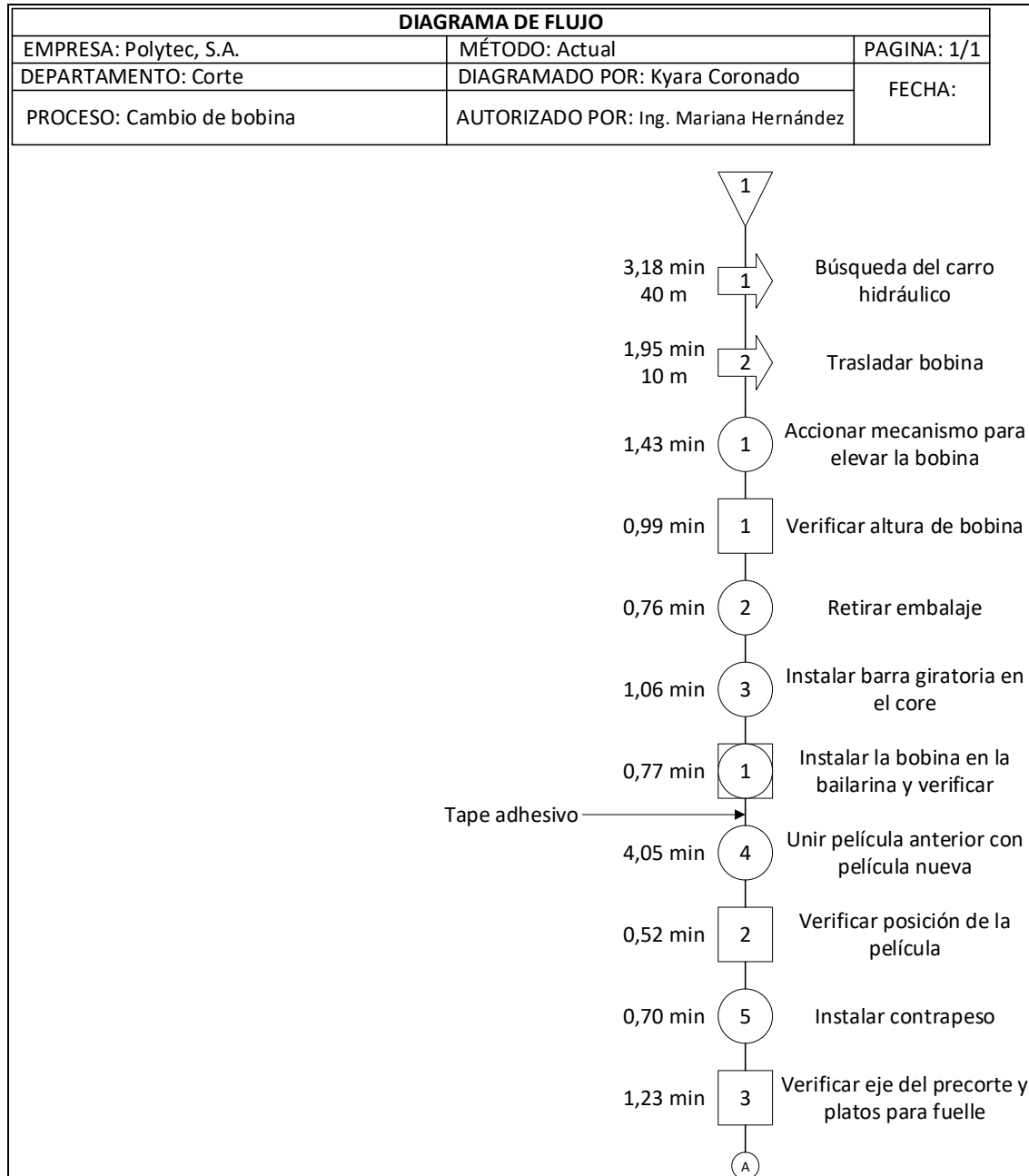
Para dar a conocer de manera visual y comparativa con los procesos del apartado 2.2, en las figuras 68 y 69 se presentan los diagramas de operaciones y de flujo, respectivamente, en los cuales se detallan las operaciones optimizadas.

Figura 67. **Diagrama de operaciones para el proceso de cambio de bobina con base en la optimización de actividades**









Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Figura 68. Diagrama de flujo para el proceso de cambio de bobina con base en la optimización de actividades



Continuación de la figura 68.

TABLA RESUMEN					
Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo (hrs)	Distancia (m)
	Operación	7	8,69	0,14	---
	Inspección	3	2,74	0,05	---
	Combinado	1	0,77	0,01	---
	Traslado	2	5,13	0,08	58
	Demora	1	1,33	0,02	---
	Almacenaje	2	0	0	---
TOTAL			18,65	0,31	9

0,46 min

0,23 min

1,33 min

```

graph TD
    A((A)) --> 6((6))
    6 --> 7((7))
    7 --> 1[1]
    1 --> 2[2]
            
```

Ajustar la película en rodillos

Accionar la máquina

Esperar la pieza con la unión de tape adhesivo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

Al obtener el tiempo de los diagramas de flujo y de operaciones se procede a determinar la eficiencia del proceso que se tendrá al aplicar las mejoras propuestas:

$$Eficiencia = \frac{\text{tiempo del diagrama de operaciones}}{\text{tiempo del diagrama de flujo}} * 100 \%$$

$$Eficiencia = \frac{15,37 \text{ min}}{18,65 \text{ min}} * 100 \% = 82,41 \%$$

La eficiencia del proceso de cambio de bobina es del 82,41 %, siendo este un porcentaje mayor al que se tiene actualmente (64,08 %) sin la implementación de las mejoras.

2.7.8. Implementación de metodología *kaizen*

El método de *kaizen* es la filosofía que busca la mejora continua, es por esto que la metodología debe ser aplicada dentro del área de corte y así se mantendrá una investigación constante sobre las fallas que surgen en el proceso de sello lateral.

Kaizen, como una metodología, brindará las herramientas necesarias que ayudarán a formular un plan de acción para realizar mejoras en el proceso de sello lateral, además facilitará la identificación de deficiencias en el proceso, ya sea por los operadores, supervisores o jefe del área, y permitirá encontrar la solución de forma simple para evitar volver a cometer el mismo error o fallo.

Por otro lado, *kaizen* con sus estrategias y herramientas motivará a los colaboradores para que tengan un crecimiento personal y profesional de forma constante, ya que se tomarán en cuenta los puntos de vista de todo el personal dentro del área de corte.

Como parte fundamental de la implementación de *kaizen*, se tiene la formación de los grupos de mejora continua, los cuales serán equipos multidisciplinarios formados por el personal operativo, administrativo, jefes y supervisores, quienes al tener conocimientos sobre el proceso de sello lateral desde diferentes aristas, lograrán incrementar el alcance de las mejoras y obtener resultados positivos.

2.7.8.1. Grupos de mejora continua

Como se mencionó anteriormente, la formación de grupos de trabajo es la base fundamental para que la mejora continua por medio de la metodología

kaizen pueda brindar grandes frutos dentro del área de corte. Por lo tanto, es importante que se definan lo equipos integrando miembros de diferentes áreas, tal y como se propone a continuación:

- 3 operadores
- 2 supervisores
- 1 colaborador del departamento de planificación
- 1 colaborador del departamento de ingeniería de optimización
- 1 colaborador del departamento de SSO
- 2 auditores de calidad
- 2 auditores de inocuidad
- 1 técnico de mantenimiento

Para el área de corte, específicamente para el proceso de sello lateral se recomienda formar 2 equipos de trabajos que estén conformados, cada uno, por los colaboradores que se detallaron anteriormente, esto permitirá que exista diversidad de conocimientos que a su vez ayudarán a encontrar soluciones integrales a los problemas detectados.

Dentro de cada grupo formado, los integrantes deberán elegir a un líder, quien se encargará de velar porque los compromisos y actividades se cumplan de forma responsable. De igual forma, ambos equipos de trabajo, además de ser liderados por la persona que escojan, tendrán una supervisión constante por parte del jefe del área de corte.

Luego de formar los grupos de mejora continua se procede a realizar la tarea para la cual fueron convocados, siguiendo los pasos que se presentan a continuación:

- Definición de los objetivos

La implementación de la metodología no puede dar inicio sin que se establezcan los objetivos a los que se desea llegar, por lo tanto, se debe conocer el proceso o la situación que se va a estudiar para desarrollar y definir el curso de la mejora.

- Recopilación y análisis de la información

Al tener definida la situación que se desea mejorar y los objetivos, se procede a recolectar la información que permitirá encontrar las causas que están produciendo dicha situación. Entre las herramientas que se pueden utilizar en este paso se encuentran: el diagrama de parteo, diagramas de dispersión, entrevistas, observaciones, pruebas en laboratorios de calidad, entre otros.

La elección de las herramientas de recopilación de datos dependerá del proceso o situación a analizar, de igual forma se pueden combinar 2 o más herramientas para enriquecer el estudio.

- Monitoreo de los procesos

Durante el monitoreo de la situación que presenta deficiencias, se debe realizar la observación, pero a diferencia del paso anterior, durante esta etapa se lleva a cabo para verificar que toda la información recopilada esté correcta y no queden dudas sin resolver sobre el funcionamiento actual de la situación.

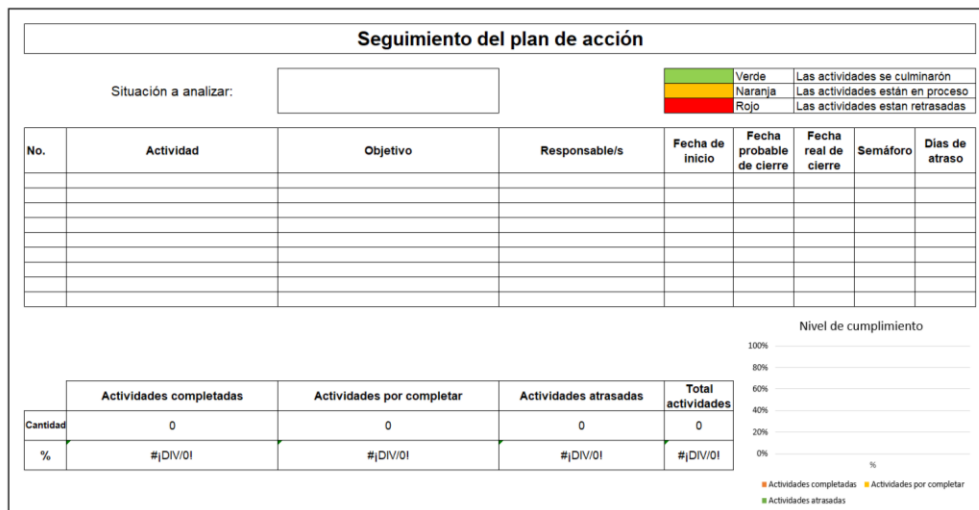
- Diseño del plan de acción y seguimiento de las actividades

Al tener claro cuáles son factores que están afectando negativamente la situación estudiada, el equipo de trabajo debe realizar una lluvia de ideas para determinar cuáles serán las soluciones más factibles que permitan la mejora.

Para que se pueda medir la efectividad del plan de acción, este debe contener las actividades enumeradas, el objetivo o lo que se desea alcanzar en cada actividad, los responsables de llevarlas a cabo, la fecha en que se iniciará a realizar la actividad, fecha probable en que se finalizará y la fecha real en la que se culminó. Por otro lado, es importante que contenga un marcador que indique el estado actual de las actividades como un semáforo, en donde el rojo significa que se tiene un retraso, el naranja que se encuentra en proceso y el verde que ya se finalizó la tarea. Además, es importante que cuando se tiene un atraso en alguna tarea, se especifique la cantidad de días.

Debido a lo mencionado anteriormente se propone un documento elaborado en Excel, donde el líder de cada equipo puede dar seguimiento a cada una de las actividades que se van a realizar para solucionar un problema, dicho documento ya se encuentra programado para arrojar los resultados porcentuales y gráficos de acuerdo con el nivel de cumplimiento en las actividades culminadas, actividades por completar y actividades con retraso.

Figura 69. **Propuesta para el seguimiento de las actividades de mejora**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Luego de implementar las soluciones, se debe dar seguimiento constante a los cambios realizados para conocer si se están obteniendo los resultados planeados, de otra forma se deberá replantear el plan de acción para proponer otras soluciones que sí presenten frutos positivos en la situación a mejorar. Esto se deberá realizar por medio de herramientas estadísticas que permitan visualizar y comparar la situación inicial con la final.

- Estandarización de las mejoras

Al momento en que se logren los resultados esperados, como última etapa se tiene la estandarización de las estrategias, herramientas y actividades que permitieron obtener un cambio con resultados satisfactorios. Es importante que la estandarización se dé a conocer a todo el personal de Polytec para que la comunicación interna sea integral.

2.7.9. Costo de la propuesta

Para la implementación de la propuesta de optimización mediante *lean manufacturing*, además del recurso humano, es necesario incurrir en determinados costos con el fin de alcanzar la optimización del proceso de sello lateral.

Dentro de los costos se encuentran los materiales de librería que se utilizarán para documentar y registrar aspectos de los procesos en los formatos propuestos a lo largo del proyecto, la pintura de aceite necesaria para llevar a cabo la técnica de control visual en 5S, la elaboración de las tarjetas rojas, el manual de limpieza, las torres de luces que se proponen en el sistema Andon y la laminación de las hojas donde se encuentra la estandarización de la velocidad de trabajo para evitar su deterioro rápido. A continuación se presenta el detalle de los costos para implementar la metodología:

Tabla LXXXVIII. **Costo de la implementación para la implementación de la propuesta**

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Costo total
Hojas bond	2	resmas	Q30,00	Q60,00
Bolígrafos	40	unidades	Q3,00	Q120,00
Tarjetas rojas	200	unidades	Q1,50	Q300,00
Tinta para impresora	2	botes	Q50,00	Q100,00
Pintura de aceite	6	galones	Q105,00	Q630,00
Torre de luces	5	unidades	Q600,00	Q3 000,00
Manual	1	encuadernado	Q50,00	Q50,00
Laminación de hojas de velocidad	5	unidades	Q6,00	Q30,00
Total estimado de inversión				Q4 290,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS APLICANDO PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

3.1. Análisis de consumo de los residuos

Polytec es una compañía que genera grandes cantidades de residuos debido a que, como toda empresa industrial, produce desechos propios de la actividad laboral a la que se dedica, agregando a esto que cuenta con más de 700 colaboradores que día con día generan desechos, tales como papel, plástico y madera.

El departamento de inocuidad es el encargado de separar y entregar los desechos recolectados por medio de los contenedores de basura, luego es entregado a Polysol (asociación solidaria de Polytec) para que realice la venta a personas individuales que se acercan a la empresa para comprar a un determinado precio cada tipo de desecho.

3.1.1. Papel

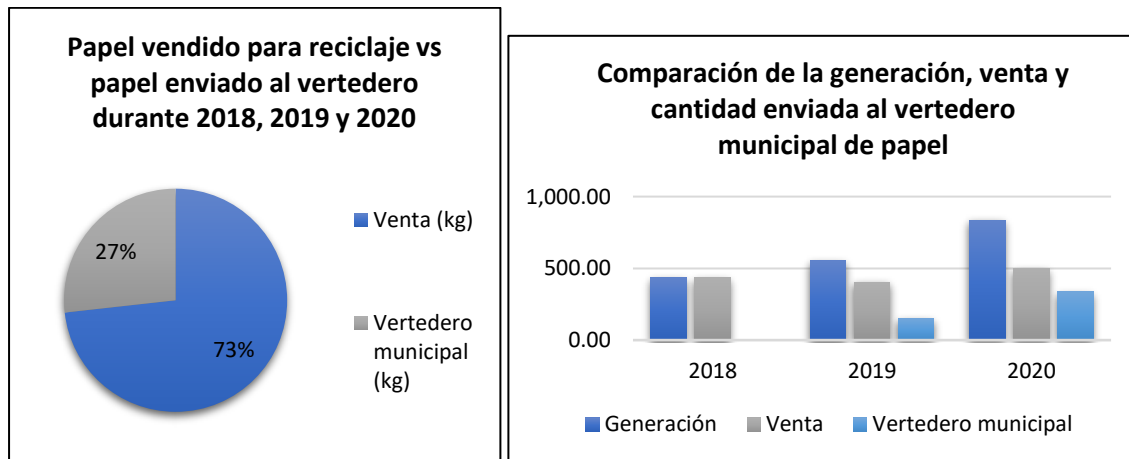
El centro de generación de desperdicio de papel son las oficinas administrativas, debido a que es el lugar en donde se utiliza con mayor frecuencia este insumo. A continuación se presentan los registros de las cantidades de papel que se generan para desecho, la cantidad vendida y lo que es enviado al vertedero municipal.

Tabla LXXXIX. **Generación, venta y cantidad de papel destinada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020**

Año	Papel				
	Generación (kg)	Venta (kg)		Vertedero municipal (kg)	
2018	436,08	436,08	100,00 %	0,00	0,00 %
2019	554,01	402,59	72,67 %	151,42	27,33 %
2020	835,22	498,22	59,65 %	337,00	40,35 %
Total	1 825,31	1 336,89	73,24 %	488,42	26,76 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 70. **Gráficos de análisis sobre la generación, venta y cantidad de papel enviada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

De acuerdo con el análisis se determinó que, del total de desechos de papel generados durante los años 2018, 2019 y 2020, el 27 % fueron vendidos a personas individuales para su reutilización y reciclaje, mientras que el 73 %, al no ser vendido, fue enviado directamente al vertedero. Además, en el gráfico de

barras se aprecia de forma sencilla la comparación entre la generación, la venta y la cantidad desechada de papel en el vertedero cada año. Durante el año 2020 la generación de desecho de este tipo aumentó con respecto a los años anteriores.

3.1.2. Plástico

El plástico como desecho dentro de Polytec proviene de la actividad industrial, ya que no todo el residuo generado por el proceso de elaboración del empaque de plásticos flexibles puede reprocesarse para convertirse en resina no virgen, que posteriormente se puede utilizar en la elaboración de cierto tipo de bolsas plásticas. Además, los desechos plásticos también son generados en el área de cafetería por todos aquellos alimentos que están contenidos en empaques rígidos y debido a las botellas de gaseosas o agua pura que son consumidas por el personal de la empresa.

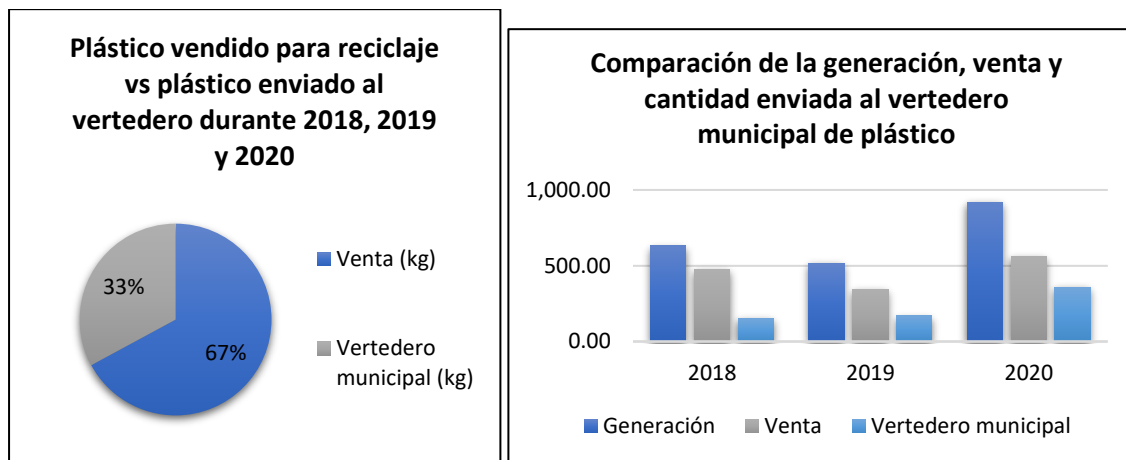
A continuación se presentan los registros de la cantidad de plástico que se genera para desecho, la cantidad vendida y lo que es enviado al vertedero municipal.

Tabla XC. **Generación, venta y cantidad de plástico destinada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020**

Plástico					
Año	Generación (kg)	Venta (kg)		Vertedero municipal (kg)	
2018	630,50	478,33	75,87 %	152,17	24,3 %
2019	516,19	345,89	67,01 %	170,30	49,24 %
2020	920,35	562,98	61,17 %	357,37	63,48 %
Total	2 067,04	1 387,2	67,11 %	679,84	32,89 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 71. **Gráficos de análisis sobre la generación, venta y cantidad de plásticos enviada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

De acuerdo con el análisis se determinó que, del total de desechos plásticos generados durante los años 2018, 2019 y 2020, el 33 % fueron vendidos a personas individuales para su reutilización y reciclaje, mientras que el 67 %, al no ser vendido, fue enviado directamente al vertedero. Además, en el gráfico de barras se aprecia de forma sencilla la comparación entre la generación, la venta y la cantidad desechada de plástico en el vertedero cada año. Es importante tomar en cuenta que, de acuerdo con los datos, la generación de desechos plásticos va en aumento conforme pasa el tiempo.

3.1.3. Madera

El 100 % de las tarimas utilizadas en Polytec son de madera y cuando estas llegan al final de su vida útil son puestas a disposición para la venta, y lo que no

se logra vender es llevado por el servicio de recolección de basura para el vertedero.

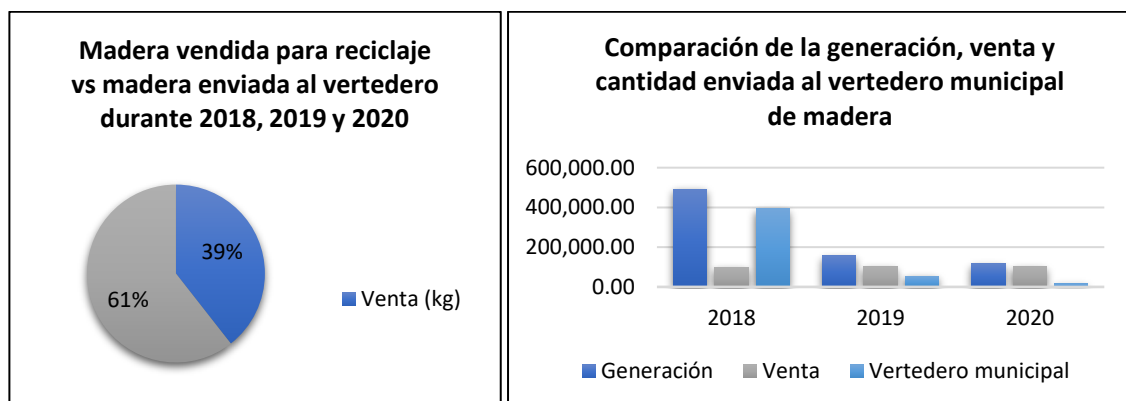
A continuación se presentan los registros de la cantidad de madera que se genera para desecho, la cantidad vendida y lo que es enviado al vertedero municipal.

Tabla XCI. Generación, venta y cantidad de madera destinada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020

Madera					
Año	Generación (kg)	Venta (kg)		Vertedero municipal (kg)	
2018	492 570,00	98 734,76	20,04 %	393 835,24	79,96 %
2019	157 200,00	102 873,87	65,44 %	54 326,13	34,56 %
2020	117 375,00	100 847,54	85,92 %	16 527,46	14,08 %
Total	767 145,00	302 456,17	39,43 %	464 688,83	60,57 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 72. Gráficos de análisis sobre la generación, venta y cantidad de madera enviada al vertedero durante los años 2018, 2019 y 2020



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

De acuerdo con el análisis se determinó que, del total de desechos de madera generados durante los años 2018, 2019 y 2020, el 39 % fueron vendidos a personas individuales para su reutilización y reciclaje, mientras que el 61 %, al no ser vendido, fue enviado directamente al vertedero. Además, en el gráfico de barras se aprecia de forma sencilla la comparación entre la generación, la venta y la cantidad desechada de plástico en el vertedero cada año. Desde el año 2018 hasta la actualidad, la generación de madera como desecho tiende a disminuir, sin embargo, no se ha logrado vender en su totalidad para su reutilización o reciclaje.

3.2. Impacto al medio ambiente por el uso de los recursos

Actualmente, el calentamiento global está tomando fuerza como uno de los principales problemas para el medio ambiente y este se debe a la alta acumulación de gases de efecto invernadero en las capas de la atmósfera. Por lo tanto, el análisis del impacto ambiental del papel, plástico y madera se realizará por medio de medición de la huella de carbono.

La huella de carbono mide la totalidad de los gases de efecto invernadero que se expresa como toneladas de CO₂ producidas por organizaciones, actividades o por el ciclo de vida de un producto. A continuación se detallan las cantidades de CO₂ emitidas por cada kilo de papel, plástico y madera:

- Para fabricar 1 kilo de plástico se emiten 3,5 kilos de CO₂.
- Para fabricar 1 kilo de papel se emiten 3,3 kilos de CO₂.
- Para fabricar 1 kilo de madera en tarimas se emiten 2,01 kilos de CO₂.

La madera es un material que, mientras es parte de un árbol, es beneficioso para el medio ambiente, pues almacena CO₂ de la atmósfera y reduce este gas para sustituirlo por oxígeno. Sin embargo, cuando la madera es recolectada para su transformación en tarima, pasa por un proceso de fabricación y distribución, en el que se consume energía, por lo tanto, provoca emisiones de CO₂.

A continuación se presenta el CO₂ emitido en promedio por Polytec al generar residuos sin una gestión integral:

Tabla XCII. **Promedio de CO₂ emitido por la generación de desechos**

	Año	Generación (kg)	Emisión de CO₂ (kg)	Emisión de CO₂ promedio (kg)
Papel	2018	436,08	1 439,06	2 007,84
	2019	554,01	1 828,23	
	2020	835,22	2 756,23	
Plástico	2018	630,50	2 206,75	2 411,55
	2019	516,19	1 806,67	
	2020	920,35	3 221,23	
Madera	2018	492 570	990 065,70	51 3987,15
	2019	157 200	315 972,00	
	2020	117 375	235 923,75	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

3.3. Propuesta del plan de gestión integral de los residuos

Para disminuir el consumo de papel, plástico y madera, es necesario implementar un plan integral de residuos en el que se detallen las acciones que se deben realizar evaluando el nivel de prioridades, es decir, primero se analizan todas las estrategias para reducir el consumo en origen del material, si no se

puede llevar a cabo esta acción se procede a reutilizar y, como última alternativa, se presenta el proceso de transformación del desecho por medio del reciclaje.

3.3.1. Papel

Las oficinas administrativas producen más del 90 % de papel como residuo, por tal motivo, si se quiere iniciar con un programa de concientización sobre el consumo y la gestión de este tipo de desecho dentro de Polytec, se debe iniciar en estos lugares.

Como ya se describió anteriormente, el consumo de miles de hojas de papel significa un deterioro para el clima de nuestro planeta, pues la tala de árboles y el proceso de fabricación para la obtención del papel contribuyen a incrementar el efecto invernadero. Debido a esto se describe a continuación la propuesta para disminuir el consumo y gestionar de forma eficiente los desechos de papel generados.

3.3.1.1. Reducción y reutilización en origen

La reducción y reutilización en origen se refiere a todas actividades o métodos que se deben poner en práctica para disminuir el uso de papel y volver a utilizarlo dentro de las actividades propias de oficina y que no necesitan de terceros para lograr el cometido.

3.3.1.1.1. Definición de actividades

Como parte de la propuesta para reducir el consumo de papel se detallan las actividades que se deben implementar dentro de Polytec:

- Actividad 1: campaña de concientización en un punto
 - Descripción: por medio de afiches o recordatorios pequeños que puedan ser ubicados en las impresoras de las oficinas, concientizar sobre el consumo del papel. Estos afiches serán elaborados en papel bond y luego se laminarán para protegerlos, por otro lado, las dimensiones de estos serán de 20 cm de largo por 14 cm de ancho.
 - Periodicidad: 1 vez al año se renovarán los recordatorios y consejos.
 - Responsable de ejecutarla: jefe de aseguramiento de inocuidad.

Figura 73. **Campaña de concientización en un punto**



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2021.

- Actividad 2: campaña de concientización en general
 - Descripción: esta campaña, a diferencia de la anterior, se basará en la creación de un póster que se encontrará en la cartelera de las oficinas administrativas de producción y de las que se encuentran fuera de la planta. El poster será realizado en manta vinílica y tendrá dimensiones de 120 cm de largo por 60 cm de ancho.
 - Periodicidad: 1 vez cada 2 años se renovará y actualizará el póster.
 - Responsable de ejecutarla: jefe de aseguramiento de calidad


Figura 74. **Campaña de concientización en general**



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2021.

- Actividad 3: procedimiento para documentos impresos
 - Descripción: crear y actualizar de forma constante un procedimiento sujeto a auditoría sobre las especificaciones del tipo de letra, tamaño de letra y márgenes que deben ser utilizados en todos los documentos que deban ser impresos por temas de documentación.
 - Periodicidad: 1 vez cada dos años se debe actualizar.
 - Responsable de ejecutarla: coordinador de sistemas integrados de gestión.

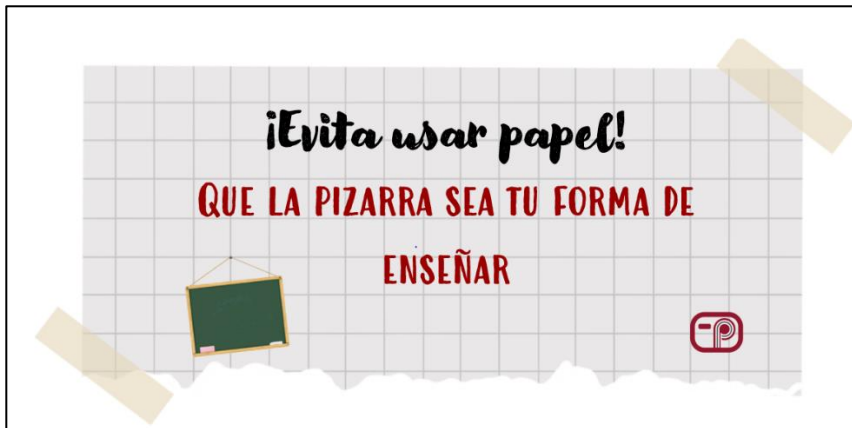
Figura 75. Estandarización para documentos impresos

 Grupo Polytec <small>La Formación en Empresas</small>	ESTANDARIZACIÓN PARA DOCUMENTOS IMPRESOS	Fecha actualización: No. actualización:	
<p>Objetivo general: Establecer un estándar de los lineamientos sobre la reproducción impresa de documentos dentro la empresa.</p> <p>Objetivo específico: Diseñar una propuesta que permita la disminución de la cantidad de hojas de papel utilizadas en la impresión física de documentos digitales.</p>			
LINEAMIENTOS			
Tamaño de la hojas	Carta	Interlineado	1.0
Alineación	Justificada	Márgenes	Superior: 1.70
Fuente de letra	Calibri		Inferior: 1.70
Tamaño del texto	10		Izquierdo: 1.27
Tamaño de títulos	12		Derecho: 1.27
RECORDATORIOS			
1. Se pueden utilizar hojas ya impresas de una cara de impresa y se debe marcar con una línea diagonal el lado de la cara que se está reutilizando.			
2. La impresión de todo documento físico debe realizarse a doble cara, si la instrucción anterior no aplica.			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Actividad 4: promoción e incremento del uso de pizarra
 - Descripción: en las salas de capacitaciones y reuniones de las diversas áreas de Polytec, incrementar el uso de pizarra y evitar el uso de hojas de papel, por medio de afiches que se ubiquen al lado de las pizarras. Estos afiches serán impresos en hojas de papel bond y luego laminados como parte de la protección, además las dimensiones serán de 45 cm de largo por 18 cm de ancho.
 - Periodicidad: 1 vez cada dos años se debe actualizar.
 - Responsable de ejecutarla: coordinador de sistemas integrados de gestión.

Figura 76. Promoción e incremento del uso de pizarra



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2021.

3.3.1.1.2. Seguimiento y evaluación

Como parte del seguimiento para verificar que las acciones estén siendo realizadas con continuidad, se propone la utilización de un formulario que deberá ser llenado por todo el personal administrativo, en donde puedan plasmar el nivel de cumplimiento de las actividades descritas en el apartado anterior.

La frecuencia con la que se realizará la evaluación personal será mensual y se realizará por medio de la herramienta Google Forms.

Figura 77. **Propuesta de formulario para seguimiento de las actividades para la reducción del consumo de papel**



Reducción y reutilización en origen del papel

Polytec está comprometido con la disminución de su huella de carbono hacia el medio ambiente, es por esto que todos los colaboradores deben realizar acciones que contribuyan a lograr dicha meta. A continuación, se presenta una serie de preguntas en las que se debe contentar con total sinceridad para garantizar la confiabilidad de los resultados.

Nombre de la persona que contesta la evaluación *


Texto de respuesta breve

Correo electrónico *

Texto de respuesta breve

Continuación de la figura 77.

Fecha *

Día, mes, año 

Área o departamento *

Escoja el área o departamento al que pertenece

1. Mantenimiento
2. Recepción
3. Gerencia
4. Contabilidad
5. Ingeniería de optimización
6. Recursos humanos
7. Calidad e inocuidad
8. Compras
9. Ventas
10. Seguridad industrial
11. Desarrollo
12. Oficinas de corte, slitter, impresión, laminación y extrusión

¿Sigue los lineamientos de ahorro de papel al momento de imprimir (tipo y tamaño de letra, márgenes y espaciado)? *

Siempre Casi siempre A veces Nunca

Seleccione:

Continuación de la figura 77.

¿Reutiliza las hojas impresas a una cara? *				
	Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
Seleccione:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Evita imprimir documentos digitales que no sea necesario tenerlos físicamente? *				
	Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
Seleccione:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Más del 80% de sus registros documentales los realiza de forma digital? *				
	Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
Seleccione:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Ha utilizado los consejos propuestos en las campañas de concientización de un punto? *				
	Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
Seleccione:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Asiste a las conferencias programadas sobre temas del ahorro de papel en su área de trabajo? *				
	Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
Seleccione:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Describa que otras acciones realiza en su área de trabajo para disminuir el consumo de papel *				
Texto de respuesta largo				

Fuente: elaboración propia, empleando Google Forms 2021.

Al aplicar las acciones planteadas se espera la reducción del consumo de papel en un 40 % dentro de las oficinas, tomando en cuenta que existe determinada documentación que únicamente se puede llevar de forma impresa por temas de registros, esto principalmente en el área de recursos humanos.

Con el fin de evidenciar que, al aplicar, en un futuro, las actividades propuestas para la reducción del consumo de papel dentro de la empresa, se presenta a continuación la tabla en la que se puede comparar el consumo real de papel durante los años 2018, 2019 y 2020 con el consumo que se hubiera obtenido al implementar las acciones propuestas:

Tabla XCIII. **Consumo real de papel vs consumo con implementación de mejoras**

	Año	Generación (kg)	Emisión de CO2 (kg)	Emisión de CO2 promedio (kg)
Consumo real	2018	436,08	1 439,06	2 007,84
	2019	554,01	1 828,23	
	2020	835,22	2 756,23	
Consumo con implementación de propuesta	2018	261,65	226,98	992,55
	2019	332,41	1 096,94	
	2020	501,13	1 653,74	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

3.3.1.2. Reciclaje

El reciclaje de papel es el proceso por el que se da la recuperación de este material para transformarlo en nuevos productos. Este proceso se debe realizar como última opción para contribuir con la disminución del efecto invernadero, ya que con la disminución del consumo y la reutilización del papel se ahorra 3.3 kg de CO2 por cada kilogramo, mientras que con el reciclaje el ahorro es de 0.89 kg de CO2.

En Polytec la única acción para contribuir con la disminución de la huella de carbono es el reciclaje, sin embargo, como se ha visto en los datos presentados en la tabla LXXXIX, no han logrado vender la totalidad de desecho de papel generado para que se someta a un proceso de transformación, por lo que este material es enviado directamente al vertedero municipal.

Para evitar que el papel sea desechado a los vertederos se propone que este sea vendido a organizaciones comprometidas con el proceso de reciclaje, en lugar de poner a la venta el papel generado a distintas personas que no tienen la capacidad de adquirir la cantidad de desecho de papel producido por Polytec.

A continuación se presenta el ahorro de CO2 que se hubiera obtenido durante los años 2018, 2019 y 2020 si la totalidad de desechos de papel se hubiera sometido a un proceso de transformación de nuevos materiales.

Tabla XCIV. Cantidad de papel reciclado y enviado al vertedero vs cantidad de CO2 ahorrado

Año	Cantidades reales		Cantidades con el reciclaje total del desecho	
	Venta para reciclaje (kg)	Vertedero municipal (kg)	Venta para reciclaje (kg)	Ahorro de CO2 (kg)
2018	436,08	0	436,08	388,11
2019	402,59	151,42	554,01	493,07
2020	498,22	337	835,22	743,35
Total	1 336,89	488,42	1 825,31	1 624,53

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Si para los años enlistados anteriormente se hubiera reciclado la totalidad de papel que no pudo ser reducido en consumo ni reutilizado, se habrían ahorrado 1 624,53 kilogramos de CO2.

3.3.2. Plástico

El plástico es uno de los materiales más utilizados en la vida diaria y, como ya se mencionó con anterioridad, en Polytec, además de los desechos plásticos generados por las necesidades humanas, también se produce residuos plásticos debido a procesos de mantenimiento y ajustes operacionales a las máquinas.

3.3.2.1. Reducción y reutilización en origen

La reducción y reutilización en origen se refiere a todas las actividades o métodos que se deben poner en práctica para disminuir el uso de plástico y volver a utilizarlo dentro de las actividades propias de Polytec y que no necesitan de terceros para lograr el cometido.

3.3.2.1.1. Definición de actividades

Como parte de la propuesta para reducir el consumo de plástico se detallan las actividades que se deben implementar dentro de Polytec:

- Actividad 1: campaña de concientización en un punto
 - Descripción: por medio de afiches o recordatorios pequeños que puedan ser ubicados en las jaulas de químicos y máquinas industriales para concientizar sobre el consumo y reutilización del plástico. Estos afiches serán elaborados en papel bond, luego serán laminados para su protección y tendrán dimensiones de 25 cm de largo por 25 cm de ancho.
 - Periodicidad: 1 vez cada dos años se actualizará.

- Responsable de ejecutarla: jefe de aseguramiento de calidad y jefe de cada área.

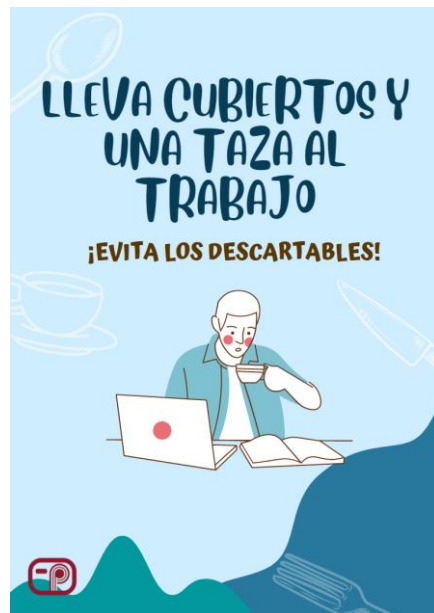
Figura 78. **Campaña de concientización en un punto**



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2021.

- Actividad 2: campaña de concientización en general
 - Descripción: esta campaña, a diferencia de la anterior, se basará en la creación de un póster que será ubicado en el área de cafetería y estará dirigido para el personal que adquiere sus alimentos en área de cafetería y los consume en utensilios desechables. El póster será una manta vinílica que tendrá dimensiones de 1,20 metros de largo por 60 cm de ancho.
 - Periodicidad: 1 vez cada dos años se actualizará.
 - Responsable de ejecutarla: departamento de recursos humanos.

Figura 79. **Campaña de concientización en general**



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2021.

- Actividad 3: contenedores de agua para el personal operativo
 - Descripción: actualmente, si el personal operativo dentro de la planta desea tomar agua pura, existen puntos donde se encuentran oasis y vasos plásticos. Para eliminar la generación masiva de desechos por vasos plásticos no reutilizables, se recomienda que a cada colaborador se le entregue un contenedor de agua, con capacidad de 500 ml, que puedan reutilizar por un largo tiempo. En la figura 81 se presenta un modelo que se debe seguir para evitar que estos objetos sean una fuente de contaminación para el proceso de producción.
 - Periodicidad: el contenedor debe ser reemplazado cada año.
 - Responsable de ejecutarla: departamento de recursos humanos.

Figura 80. **Contenedores de agua para el personal operativo**



Fuente: Promo Stock. *Cilindro Naoli*. <https://promostock.com.mx/cilindros/41-cilindro-naoli.html>.
Consulta: 05 de enero de 2022.

- **Actividad 4: aceitera metálica**
 - Descripción: para lubricar con aceite cualquier parte de la máquina se tienen dispensadores de plástico que no pueden reutilizarse, por lo que se propone la implementación de aceiteras de metal que pueden ser utilizadas y llenadas varias veces. Debido a que en las máquinas de corte existen lugares reducidos y difíciles de acceder, se recomienda utilizar aceiteras con capacidad de 300 ml y con un tubo flexible, tal y como se muestra en la figura 82.
 - Periodicidad: cada vez que se deteriore una aceitera.
 - Responsable de ejecutarla: departamento de mantenimiento.

Figura 81. **Aceitera metálica**



Fuente: La casa de la herramienta. *Aceitera metálica para taller*.
<https://lacasadelaherramienta.co/aceitera-metalica-para-taller.html>. Consulta: 05 de enero de 2022.

3.3.2.1.2. **Seguimiento y evaluación**

Como parte del seguimiento para verificar que las acciones estén siendo realizadas con continuidad, se proponen las siguientes acciones:

- Auditoría de desechos

Realizar inspecciones en planta sobre la utilización de pachones plásticos que pueden ser reutilizables durante un largo tiempo y verificar que para tomar agua el personal operativo no utilice vasos plásticos. De igual forma, estas inspecciones en planta deben ser utilizadas para controlar la utilización de dispensadores no reutilizables de aceite y asegurar que en lugar de estos se usen dispensadores metálicos que tienen larga vida útil.

Por otro lado, la cafetería también estará sujeta a auditoría en temas de desechos, para verificar que se cumpla con las disposiciones de cero utensilios desechables.

- Informar sobre resultados y competencias

Al finalizar la auditoría de desechos se deben compartir los resultados y fotografías de los hallazgos de conformidad y no conformidad con todo el personal, para brindar una idea de los avances y de las mejoras que son necesarias. De igual forma, es importante reconocer el progreso de las áreas que presenten mayor cumplimiento de las disposiciones.

- Política de aprovechamiento de los recursos

Para que los desechos plásticos generados por Polytec se reciclen, es necesario realizar un compromiso formal por medio de una política de aprovechamiento de los recursos para que todo el personal tenga conocimiento sobre la forma correcta de llevar a cabo las acciones propuestas.

Al aplicar las acciones planteadas se espera la reducción del consumo de plástico en un 25 % dentro de Polytec. A continuación se presenta la tabla en la que se puede comparar el consumo real de plástico durante los años 2018, 2019 y 2020 con el consumo que se hubiera obtenido al implementar las acciones propuestas:

Tabla XCV. **Consumo real de plástico vs consumo con implementación de mejoras**

	Año	Generación (kg)	Emisión de CO2 (kg)	Emisión de CO2 promedio (kg)
Consumo real	2018	630,5	2 206,75	2 411,55
	2019	516,19	1 806,67	
	2020	920,35	3 221,22	
Consumo con implementación de propuesta	2018	472,88	1 655,06	1 808,66
	2019	387,14	1 354,99	
	2020	690,26	2 415,92	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

3.3.2.2. Reciclaje

El reciclaje del plástico es el proceso por el que se da la recuperación de este material para transformarlo en nuevos productos. Este proceso se debe realizar como última opción para contribuir con la disminución del efecto invernadero, ya que con la disminución del consumo y la reutilización del papel se ahorra 3,5 kg de CO2 por cada kilogramo, mientras que con el reciclaje el ahorro es de 1,7 kg de CO2.

Al igual que para el papel, Polytec únicamente realiza una acción para contribuir con la disminución de la huella de carbono: el reciclaje, sin embargo, como se ha visto en los datos presentados en la tabla XC, no han logrado vender la totalidad de desecho de plástico generado para que se someta a un proceso de transformación, por lo que este material es enviado directamente al vertedero municipal.

Para evitar que el plástico sea desechado a los vertederos se propone que este sea vendido a organizaciones comprometidas con el proceso de reciclaje, en lugar de poner a la venta el papel generado a distintas personas que no tienen la capacidad de adquirir la cantidad de desecho de papel producido por Polytec.

Hay que evidenciar que al aplicar las actividades propuestas para la reducción del consumo del plástico, se presenta el ahorro de CO2 que se hubiera obtenido durante los años 2018, 2019 y 2020 si la totalidad de desechos de plástico se hubiera sometido a un proceso de transformación de nuevos materiales.

Tabla XCVI. Cantidad de plástico reciclado y enviado al vertedero vs cantidad de CO2 ahorrado

Año	Cantidades reales		Cantidades con el reciclaje total del desecho	
	Venta para reciclaje (kg)	Vertedero municipal (kg)	Venta para reciclaje (kg)	Ahorro de CO2 (kg)
2018	478,33	152,17	630,50	1 071,85
2019	345,89	170,30	516,19	877,52
2020	562,98	357,37	920,35	1 564,59
Total	1 387,20	679,84	2 067,04	3 513,97

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Si para los años enlistados anteriormente se hubiera reciclado la totalidad de papel que no pudo ser reducido en consumo ni reutilizado, se habrían ahorrado 3 513,97 kilogramos de CO2.

3.3.3. Madera

La madera, por sus características físicas y mecánicas, es uno de los materiales más utilizados y con mayor beneficio para la elaboración de gran cantidad de artículos y elementos. En Polytec, la madera se utiliza para realizar ajustes operacionales en máquinas y para transportar tanto la materia prima como el producto terminado (tarimas).

3.3.3.1. Reducción y reutilización en origen

Al igual que con el plástico y el papel, la reducción y reutilización en origen se refiere a todas actividades o métodos que se deben poner en práctica para disminuir el uso de madera y volver a utilizarla dentro de las actividades propias de Polytec y que no necesitan de terceros para lograr el cometido.

3.3.3.1.1. Definición de actividades

Como parte de la propuesta para reducir el consumo de madera se detallan las actividades que se deben implementar dentro de Polytec:

- Actividad 1: campaña de concientización en un punto
 - Descripción: por medio de afiches o recordatorios pequeños que puedan ser ubicados en las máquinas industriales para concientizar sobre el consumo y reutilización de la madera. Estos afiches se elaborarán en hojas de papel bond con el diseño que se muestra en la figura 83, se laminarán para su protección para así poder ser ubicados en los contenedores de residuos de madera, además tendrán una dimensión de 25 cm de largo por 25 cm de alto.

- Periodicidad: se actualizarán 1 vez cada 2 años.
- Responsable de ejecutarla: jefe de inocuidad y jefes de cada área.

Figura 82. **Campaña de concientización de en un punto**



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2021.

- Actividad 2: campaña de concientización en general
 - Descripción: esta campaña, a diferencia de la anterior, se basará en la creación de un póster que será ubicado a la entrada de la planta y dará a conocer la importancia sobre la reutilización de la madera dentro de la empresa. Esto con el fin de que cualquier persona reporte el uso indebido de la madera en cualquier proceso de producción. El póster será impreso en manta vinílica con el diseño presentado en la figura 84 y tendrá dimensiones de 1,20 metros de largo por 60 cm de ancho.
 - Periodicidad: se actualizará 1 vez cada dos años.

- Responsable de ejecutarla: jefe de inocuidad.

Figura 83. **Campaña de concientización en general**



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2021.

- Actividad 3: contenedores realizados con tarimas desechadas
 - Descripción: en bodega de repuestos son utilizados 73 contenedores de plástico que son reemplazados 2 veces al año, debido a que se deterioran con rapidez. Por lo tanto, se recomienda elaborar contenedores de madera reutilizada de tarimas que ya no estarán en funcionamiento. En la figura 85 se ilustra un ejemplo de contenedores realizados con tarimas.
 - Periodicidad: se reemplazarán cuando se deterioren.
 - Responsable de ejecutarla: jefe de bodega de repuestos.

Figura 84. **Contenedores realizados con tarimas desechadas**



Fuente: Contenedores hechos con palet. *Palets*. <https://www.ilovepalets.com/contenedores-hechos-con-palets/>. Consulta: 05 de enero de 2022

3.3.3.1.2. Seguimiento y evaluación

- Estandarización y política de utilización de la madera

Para iniciar con el cambio es necesario que se cree una política dentro de la empresa, en la cual se establezca y se estandarice cuál será el uso que se le dará a los residuos de madera provenientes de las tarimas. Dentro de la política se deben incluir las actividades presentadas anteriormente, su descripción, objetivo, responsable de la actividad y sanciones por el no cumplimiento de la misma.

- Inspección de cumplimiento de la política

La política realizada será sujeta a autoría, por lo que será necesaria la creación de formatos en los que se registre las fechas, actividades, personas

encargadas y observaciones que se dieron durante el proceso de realización de los estrategias para reducción del consumo y reutilización de la madera.

- Informar sobre resultados y competencias

Al finalizar la auditoría se deben compartir los resultados y fotografías de los hallazgos de conformidad y no conformidad con todo el personal para brindar una idea de los avances y de las mejoras que son necesarias. De igual forma, es importante reconocer el progreso de las áreas que presenten mayor cumplimiento de las disposiciones.

Al aplicar las acciones planteadas se espera la reducción del consumo de madera en un 40 % dentro de Polytec. A continuación se presenta la tabla en la que se puede comparar el consumo real de plástico durante los años 2018, 2019 y 2020 con el consumo que se hubiera obtenido al implementar las acciones propuestas:

Tabla XCVII. **Consumo real de madera vs consumo con implementación de mejoras**

	Año	Generación (kg)	Emisión de CO2 (kg)	Emisión de CO2 promedio (kg)
Consumo real	2018	492 570,00	990 065,70	513 987,15
	2019	157 200,00	315 972,00	
	2020	117 375,00	235 923,75	
Consumo con implementación de propuesta	2018	295 542,00	594 039,42	308 392,29
	2019	94 320,00	189 583,20	
	2020	70 425,00	141 554,25	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

3.3.3.2. Reciclaje

El reciclaje de la madera es una de las prácticas más limpias, simples y económicas, ya que para someterse a un proceso de transformación no necesita de tratamientos previos porque el proceso está formado únicamente por medios físicos.

Este proceso se debe realizar como última opción para contribuir con la disminución del efecto invernadero, ya que con la disminución del consumo y la reutilización de la madera de las tarimas se ahorra 2.01 kg de CO₂ por cada kilogramo, mientras que con el reciclaje el ahorro es de 0,7 kg de CO₂.

Al igual que para el papel y el plástico, Polytec únicamente realiza una acción para contribuir con la disminución de la huella de carbono, que es el reciclaje, sin embargo, como se ha visto en los datos presentados en la tabla XCI, no han logrado vender la totalidad de desecho de madera generado para que se someta a un proceso de transformación, por lo que este material es enviado directamente al vertedero municipal.

El objetivo es evidenciar que al aplicar las actividades propuestas para la reducción del consumo de la madera se presenta el ahorro de CO₂ que se hubiera obtenido durante los años 2018, 2019 y 2020 si la totalidad de desechos de madera se hubiera sometido a un proceso de transformación de nuevos materiales.

Tabla XCVIII. **Cantidad de madera reciclada y enviada al vertedero vs cantidad de CO2 ahorrado**

Año	Cantidades reales		Cantidades con el reciclaje total del desecho	
	Venta para reciclaje (kg)	Vertedero municipal (kg)	Venta para reciclaje (kg)	Ahorro de CO2 (kg)
2018	492 570,00	393 835,24	886 405,24	904 133,34
2019	157 200,00	54 326,13	211 526,13	215 756,65
2020	117 375,00	16 527,46	133 902,46	136 580,50
Total	767 145,00	464 688,83	1 231 833,83	1 256 470,51

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Si para los años enlistados anteriormente se hubiera reciclado la totalidad de madera que no pudo ser reducida en consumo ni reutilizada, se habrían ahorrado 1 256 470,51 kilogramos de CO2.

3.4. Costo de la propuesta

Para la implementación de la gestión integral de residuos, además del recurso humano, será necesario invertir en ciertos elementos que permitirán que se cumpla satisfactoriamente el fin de la fase de investigación.

Se necesitará invertir en carteles que contengan información sobre la correcta clasificación de los desechos, estrategias para disminuir el consumo e incrementar la reutilización, además de recordatorios impresos que se colocarán en las oficinas administrativas, pizarra para las salas de capacitaciones, contenedores plásticos para clasificar los desechos, pачones plásticos para el personal operativo que sean reutilizables y aceiteras de metal para los procesos de lubricación.

A continuación se presenta el detalle de los costos en los que se incurrirá al implementar la propuesta:

Tabla XCIX. **Costo de la implementación para la propuesta**

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Costo total
Carteles con información	12	unidades	Q10,00	Q120,00
Recordatorios impresos	100	unidades	Q3,30	Q330,00
Pizarras	3	unidades	Q740,00	Q2 220,00
Marcadores para pizarra	9	unidades	Q13,58	Q122,22
Borradores para pizarra	3	unidades	Q19,90	Q59,70
Contenedores plásticos	12	unidades	Q150,00	Q1 800,00
Pachones plásticos	550	unidades	Q11,00	Q6 050,00
Aceiteras metálicas	50	unidades	Q23,00	Q1 150,00
Total estimado de inversión				Q11 851,92

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN

Para que toda empresa sea capaz de mantenerse en el mercado es necesario que su personal esté capacitado en las áreas en que se desempeña, por lo tanto, los adiestramientos son esenciales para el desarrollo de las competencias y habilidades de todos los colaboradores.

4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

Para el desarrollo del plan de capacitación se inició con la detección de necesidades de capacitación por medio de la observación, entrevistas no estructuradas y un cuestionario. Este último se realizó a un total de 10 colaboradores del área de corte.

Figura 85. **Encuesta para detectar necesidades de capacitación en el departamento de corte**

Cuestionario para detectar necesidades de capacitación	
Objetivo: Identificar las necesidades de capacitación existentes dentro del ámbito laboral por medio de la obtención de información verídica y confiable.	
Fecha: _____	Nombre del encuestado: _____
1. ¿Recibió capacitación al momento de ingresar a la empresa?	
g) Si	h) No
2. ¿Cuáles son los valores de la empresa?	
e) Cooperación, lealtad, preocupación por su gente, innovación, transparencia, equidad, responsables por sus acciones y honor	
f) Responsabilidad, nunca se dan por satisfechos, respeto e integridad	
g) Centrados en el cliente, preocupación por su gente, nunca se dan por satisfechos, integridad y siempre se hacen responsables por sus acciones	
3. ¿Conoce la visión y misión de la empresa?	
c) Si	d) No
4. ¿Cómo es la relación que tiene con sus compañeros de trabajo?	
d) Excelente	f) Regular
e) Bueno	g) Malo
5. ¿Qué tipo de ambiente percibe en su trabajo?	
a) Estresante	c) Ruidoso
b) Tranquilo	d) Exhausto
6. ¿Se siente a gusto trabajando en este lugar de trabajo?	
d) Si	¿Por qué?
e) No	
7. ¿Considera que tiene los conocimientos y habilidades necesarios para desempeñar su trabajo?	
c) Si	d) No
8. ¿Desde que ingreso a la empresa, ha recibido capacitaciones relacionadas con su puesto de trabajo?	
a) Si	b) No
9. Cuando lo cambian de máquina, ¿le brindan capacitación para el correcto funcionamiento de esta?	
a) Si	b) No
10. ¿Puede identificar un problema y toma la decisión de resolverlo?	
a) Si	b) No
11. De acuerdo con la relación que tiene con su jefe, ¿cómo es la comunicación?	
a) De jefe a empleado	
b) De empleado a jefe	
c) Ambos	
12. ¿Qué factor considera más importante en el trabajo?	
a) El sueldo	
b) La satisfacción del cliente	
c) Cumplir con sus responsabilidades	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la encuesta realizada al personal operativo:

Tabla C. **Resultados obtenidos para la encuesta de detección de necesidades**

¿Recibió capacitación al momento de ingresar a la empresa?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Si	10	100 %
No	0	0 %
TOTAL	10	100 %
¿Cuáles son los valores de la empresa?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Cooperación, lealtad, preocupación por su gente, innovación, transparencia, equidad, responsables por sus acciones y honor	6	60 %
Responsabilidad, nunca se dan por satisfechos, respeto e integridad	4	40 %
Centrados en el cliente, preocupación por su gente, nunca se dan por satisfechos, integridad y siempre se hacen responsables por sus acciones	0	0 %
TOTAL	10	100 %
Si en este momento se realiza una auditoría y se le consulta por la misión y visión de la empresa, ¿podría contestar correctamente?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Si	3	30 %
No	7	70 %
TOTAL	10	100 %
¿Cómo es la relación que tiene con sus compañeros de trabajo?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Excelente	6	60 %
Bueno	3	30 %
Regular	1	10 %
Malo	0	0 %
TOTAL	10	100 %
¿Qué tipo de ambiente percibe en su trabajo?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Estresante	1	10 %
Tranquilo	6	60 %
Ruidoso	3	30 %
Exhausto	0	0 %
TOTAL	10	100 %
¿Se siente a gusto trabajando en este lugar de trabajo?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Si	10	100 %
No	0	0 %
TOTAL	10	100 %

Continuación de la tabla C.

¿Considera que tiene los conocimientos y habilidades para desempeñar su trabajo?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Si	5	50 %
No	5	50 %
TOTAL	10	100 %
¿Desde que ingreso a la empresa, ha recibido capacitaciones relacionadas con su puesto de trabajo?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Si	6	60 %
No	4	40 %
TOTAL	10	100 %
Quando lo cambian de máquina, ¿le brindan capacitación para el correcto funcionamiento de la misma?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Si	8	80 %
No	2	20 %
TOTAL	10	100 %
¿Puede identificar un problema y tomar la decisión de resolverlo?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
Si	7	70 %
No	3	30 %
TOTAL	10	100 %
De acuerdo con la relación que tiene con su jefe, ¿cómo es la comunicación?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
De jefe a empleado	6	60 %
De empleado a jefe	1	10 %
Ambos	3	30 %
TOTAL	10	100 %
¿Qué factor considera más importante en el trabajo?		
Alternativa	Cantidad de respuestas	%
El sueldo	0	0 %
La satisfacción del cliente	5	50 %
Cumplir con sus responsabilidades	4	40 %
TOTAL	9	90 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Además de las encuestas con el personal operativo para detectar necesidades de capacitación, por medio de la observación se realizaron los siguientes hallazgos:

- El personal operativo en su lugar de trabajo no aplica la metodología de las 5S, a pesar de que el departamento de mantenimiento ya ha capacitado a los trabajadores para que mantengan sus lugares de trabajo en condiciones adecuadas siguiendo dicha estrategia.
- Los colaboradores no utilizan su equipo personal de protección.
- Dentro de la planta cada operador tiene una bolsa de valores, la cual fue implementada con el fin de que dentro de ella se guardaran objetos personales necesarios para la producción, tales como cuchilla, metro, cuaderno y lapicero sin tapón. Sin embargo, dentro de estas bolsas el personal guarda comida, medicina y el teléfono, a pesar de que estas tres cosas están prohibidas dentro de la planta.
- Falta de comunicación asertiva por parte del jefe de área hacia los operadores.
- Los operadores consultan frecuentemente sobre cómo es el funcionamiento de la máquina, cuando estos son rotados de su máquina habitual.
- Los operadores no saben identificar entre problemas por ajustes operativos y por ajustes mecánicos.
- El personal almacena alimentos en *lockers* de los vestidores y viceversa.

Con base en los hallazgos realizados se proponen los siguientes temas para incluir en el plan de capacitación:

- Inducción a Polímeros y Tecnología, S. A.
- Motivación y relaciones humanas en el ámbito de trabajo
- Conociendo la metodología de 5S
- Control de calidad por medio de *jidoka*
- Estandarización de la velocidad de trabajo
- Implementación de mantenimiento productivo total (TPM)
- Mantenimiento autónomo y la intervención del personal operativo
- Implementación de metodología SMED
- Grupos de mejora continua *kaizen*
- Gestión integral de los residuos

4.2. Plan de capacitación

El plan de capacitación propuesto se basa en las necesidades detectadas con anterioridad, esto con el fin de mejorar empezando por el crecimiento y satisfacción de las necesidades del personal operativo, lo que permitirá un aumento en el rendimiento de trabajo. Por lo tanto, dentro del plan se incluyen ejes temáticos dirigidos al conocimiento e identificación de la empresa, como conocimientos básicos sobre *lean manufacturing*, tales como: aplicación de 5S en área de trabajo y la estandarización de velocidades y de procesos. El plan de capacitación está compuesto por los siguientes temas:

- Tema 1. Inducción a Polímeros y Tecnología, S. A.
 - Descripción: conocer la empresa en la que se labora es el primer paso para crear un sentido de pertenencia y responsabilidad hacia las tareas de se realizan, por lo que se plantea dar una inducción en la que los colaboradores conozcan la visión, misión, valores, historia y política interna.

- Objetivo: dar a conocer la visión, misión, historia y política interna de Polytec. S. A. a todos los colaboradores.
 - Dirigido a: personal administrativo y operativo.
 - Responsable: coordinador de capacitaciones y servicio al cliente interno.
 - Frecuencia: cada vez que ingresen nuevos colaboradores.
 - Tipo de capacitación: conferencian presencial.
 - Duración: 1 hora.
- Tema 2. Motivación y relaciones humanas en el ámbito de trabajo
 - Descripción: esta capacitación abordará temas relacionados con las herramientas que se pueden aplicar en los lugares de trabajo para incrementar las sanas relaciones interpersonales con los compañeros y brindar estrategias que los jefes y toda persona que tenga a su cargo más personal pueda aplicar para mantener la motivación en su equipo.
 - Objetivo: brindar herramientas que contribuyan a incrementar la motivación, el clima laboral y el rendimiento de los colaboradores.
 - Dirigido a: personal administrativo y operativo.
 - Responsable: coordinador de capacitaciones y servicio al cliente interno.
 - Frecuencia: una vez al año
 - Tipo de capacitación: taller presencial.
 - Duración: 3 días con duración de una hora por día.

- Tema 3. Conociendo la metodología de 5S
 - Descripción: dentro de esta capacitación se darán a conocer las estrategias para crear y mantener un área de trabajo limpio y ordenado por medio de las 5S que consisten en el sentido de clasificación, sentido de ordenar, sentido de limpiar, sentido de estandarizar y sentido de disciplina. Además, se demostrará cómo se debe registrar correctamente la realización y verificación de la limpieza utilizando los formatos propuestos.
 - Objetivo: impartir estrategias para establecer un orden y limpieza en las áreas de trabajo, por medio de la metodología de 5S que consiste en clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina.
 - Dirigido a: personal operativo, supervisores y jefe del área de corte.
 - Responsable: estudiante de EPS.
 - Frecuencia: 1 vez al año.
 - Tipo de capacitación: conferencia presencial.
 - Duración: 1 hora.

- Tema 4. Control de calidad por medio de Jidoka
 - Descripción: el tema de control de calidad por medio de *jidoka* abordará las herramientas del sistema Andon y *poka-yoke*, por lo tanto se brindarán las especificaciones para utilizar las torres de luces con el fin de comunicar el estado en el que se encuentra operando la máquina. Además, se mostrará en qué momento el operador tiene la autoridad de detener la producción a causa de productos con defectos de calidad.

- Objetivo: brindar las especificaciones necesarias para que el personal operativo tenga conocimiento de las acciones que debe tomar en casos de anomalías en el producto.
 - Dirigido a: personal operativo, supervisores y jefe del área de corte.
 - Responsable: estudiante de EPS.
 - Frecuencia: 1 vez, al año
 - Tipo de capacitación: curso técnico
 - Duración: 5 días con duración de 1 hora por día.
- Tema 5. Estandarización de la velocidad de trabajo
 - Descripción: se dará a conocer el estado de los indicadores actuales en las máquinas de sello lateral para luego presentar la estandarización de la velocidad a la que deben trabajar las máquinas de acuerdo con las características del producto. De igual forma, se mostrará el porcentaje de los nuevos indicadores para demostrar que la estandarización de la velocidad de producción incrementa la productividad y eficiencia del trabajo.
 - Objetivo: demostrar el incremento de la eficiencia en el trabajo de las cortadoras de sello lateral, por medio de la implementación de la estandarización en la velocidad de producción de acuerdo con las especificaciones del producto.
 - Dirigido a: personal operativo y supervisores del área de corte.
 - Responsable: jefe del área de corte.
 - Frecuencia: 2 veces al año
 - Tipo de capacitación: conferencia presencial.
 - Duración: 1.5 horas.

- Tema 6. Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM)
 - Descripción: durante la capacitación de TPM se impartirán las seis fases que hacen posible la implementación de esta metodología dentro del proceso de sello lateral. Se darán a conocer las metas y políticas que se manejarán dentro de la empresa con respecto la implementación de dicha metodología, se proporcionarán las herramientas para facilitar la detección y registro de las fallas y para realizar el análisis correspondiente, con el fin de encontrar la solución definitiva, además de presentar el método correcto para detectar la falla de forma temprana por medio de las inspecciones de máquina.
 - Objetivo: brindar y dar a conocer las herramientas nuevas que se implementarán para garantizar que el mantenimiento y el cuidado de las máquinas sea el correcto, para incrementar el tiempo de vida de las mismas y facilitar el trabajo.
 - Dirigido a: personal operativo, supervisores y técnicos de mantenimiento del área de corte.
 - Responsables: jefe de mantenimiento y coordinador de mantenimiento del área de corte.
 - Frecuencia: 1 vez al año
 - Tipo de capacitación: curso virtual
 - Duración: 1 hora por semana por 1 mes.

- Tema 7. Mantenimiento autónomo y la intervención del personal operativo
 - Descripción: el mantenimiento autónomo es una parte importante para la implementación del TPM, por lo que se abordará en una capacitación diferente para recalcar la importancia de su

característica particular, la cual consiste en que el mantenimiento autónomo no es realizado por los técnicos de mantenimiento profesionales, más bien es llevado a cabo por los operadores de las máquinas. Debido a lo descrito anteriormente, durante esta capacitación se mostrará la forma correcta de utilizar las estrategias, formatos y registros necesarios para implementar el método.

- Objetivo: dar a conocer cómo se realiza el mantenimiento autónomo dentro de la técnica de sello lateral y la importancia del rol que juega el personal operativo para la correcta implementación.
 - Dirigido a: personal operativo, supervisores y jefe del área de corte.
 - Responsable: coordinador de mantenimiento del área de corte.
 - Frecuencia: 2 veces al año.
 - Tipo de capacitación: curso presencial y virtual.
 - Duración: 1 hora por semana por 1 mes.
- Tema 8. Implementación de metodología SMED
 - Descripción: como primer punto se dará a conocer la situación actual luego de realizar el análisis de los procesos de cambio que existen en la técnica de sello lateral, luego se mostrará cómo las actividades internas se convertirán en actividades externas por medio de nuevos métodos de trabajo, con el fin de disminuir el tiempo de cambio. Por último, se presentará la forma en que se optimizarán las operaciones dentro de cada proceso.
 - Objetivo: dar a conocer las herramientas propuestas por la metodología SMED para disminuir el tiempo de cambio en las máquinas y aumentar la fiabilidad del proceso de sello lateral.
 - Dirigido a: personal operativo y supervisores de corte.

- Responsable: ingeniero de optimización de recursos.
- Frecuencia: 1 vez al año.
- Tipo de capacitación: conferencia presencial.
- Duración: 1.5 horas.

- Tema 9. Grupos de mejora continua Kaizen
 - Descripción: como parte de esta capacitación se brindarán las herramientas necesarias que ayudarán a formular el plan de acción de cada situación analizada, para realizar mejoras dentro del proceso de sello lateral. De igual forma, se dará a conocer cómo se conformarán los equipos de trabajo y cuál será el procedimiento a seguir cuando exista alguna situación o falla a estudiar.
 - Objetivo: explicar la importancia de la formación de grupos de mejora continua para mantener un proceso de investigación constante sobre las fallas que surgen dentro del proceso de sello lateral y así brindar soluciones definitivas.
 - Dirigido a: personal operativo de corte y administrativo.
 - Responsable: jefe del departamento de ingeniería de optimización.
 - Frecuencia: 2 veces al año.
 - Tipo de capacitación: curso virtual.
 - Duración: 1 hora por semana durante 2 meses.

- Tema 10. Gestión integral de los residuos
 - Descripción: como parte de esta capacitación se dará a conocer, tanto al personal operativo como administrativo, cómo se deben aplicar las estrategias propuestas para lograr la reducción del

consumo y reutilización de la madera, plástico y hojas de papel dentro del proceso productivo y de las oficinas.

- Objetivo: dar a conocer la situación actual con respecto a la generación de desechos de papel, plástico y madera dentro de Polytec, y establecer las estrategias para disminuir dicha generación.
- Dirigido a: personal operativo del área de corte y personal administrativo.
- Responsable: estudiante de EPS.
- Frecuencia: 1 vez al año.
- Tipo de capacitación: conferencia presencial.
- Duración: 1 hora.

En la figura 87 se presenta el desglose del plan de capacitación propuesto de forma anual, en el que se muestra el tema en que se capacitará, el objetivo y a quiénes va dirigida cada actividad.

Figura 86. Plan de capacitación anual

Tema de capacitación	Objetivo de la capacitación	A quien va dirigida	Meses													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Inducción a Polímeros y Tecnología, S.A.	Dar a conocer la visión, misión, historia y política interna de Polytec. S.A. a todos los colaboradores.	Personal administrativo y operativo														
Motivación y relaciones humanas en el ámbito de trabajo	Brindar herramientas que contribuyan a incrementar la motivación, el clima laboral y el rendimiento de los colaboradores.	Personal administrativo y operativo														
Conociendo la metodología de 5S	Impartir estrategias para establecer un orden y limpieza en las área de trabajo por medio de la metodología de 5S que consiste en clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina.	Personal operativo, supervisores y jefe del área de corte														
Control de calidad por medio de <i>Jidoka</i>	Brindar las especificaciones para que el personal operativo tenga conocimiento de las acciones que debe tomar en casos de anomalías en el producto.	Personal operativo, supervisores y jefe del área de corte														
Estandarización de la velocidad de trabajo	Incrementar la eficiencia en el trabajo por medio de la implementación de la estandarización en la velocidad de producción de acuerdo con las especificaciones del producto.	Personal operativo y supervisores del área de corte														
Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Brindar y dar a conocer las herramientas nuevas que se implementarán para garantizar que el mantenimiento y el cuidado de las máquinas sea el correcto para incrementar el tiempo de vida de las mismas y facilitar el trabajo.	Personal operativo, supervisores y técnicos de mantenimiento del área de corte														
Mantenimiento autónomo y la intervención del personal operativo	Dar a conocer como se realiza el mantenimiento autónomo dentro de la técnica de sello lateral y la importancia del rol que juega el personal operativo para la correcta implementación.	Personal operativo, supervisores y jefe del área de corte														
Implementación de la metodología SMED	Dar a conocer las herramientas propuestas por la metodología SMED para disminuir el tiempo de cambio en las máquinas y aumentar la fiabilidad del proceso de sello lateral.	Personal operativo y supervisores del área de corte														
Grupos de mejora continua <i>Kaizen</i>	Explicar la importancia de los grupos de mejora continua para mantener un proceso de investigación sobre las fallas que surgen dentro del proceso de sello lateral y así brindar soluciones definitivas.	Personal operativo del área de corte y personal administrativo														
Gestión integral de los residuos	Conocer la situación actual sobre la generación de desechos de papel, plástico y madera en Polytec y establecer las estrategias para disminuirla	Personal operativo del área de corte y administrativo														

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

4.3. Resultados de la capacitación

Como parte del plan propuesto se impartieron las siguientes capacitaciones al personal de la empresa:

- Conociendo la metodología 5S

Por medio de conferencia presencial se impartió la capacitación que da a conocer los aspectos principales de la metodología de las 5S, por lo tanto, se brindó información sobre cada una de las S y su propuesta técnica para que los participantes tuvieran una idea de cómo se puede aplicar el tema a su área de trabajo. La capacitación se llevó a cabo en la sala de capacitaciones general de la empresa y los participantes estuvieron integrados por operadores y supervisores del área de corte. A continuación se muestra la presentación proyectada durante la conferencia:

Figura 87. Presentación: conociendo la metodología 5S

Presentado por Kyara Coronado
08/10/2021

Las 5S

La metodología de las 5S es el primer paso para un mejor ambiente de trabajo, esto debido a que es una cultura necesaria para que otros sistemas, estrategias o modelos puedan mejorar su funcionamiento y garantizar la calidad del trabajo. Esto se logra a través de incrementar y desarrollar habilidades, disciplina y organización en los colaboradores que forma parte de la organización.

SEIRI (CLASIFICAR)
SEITON (ORDENAR)
SEISO (LIMPIAR)
SEKEITSU (ESTANDARIZAR)
SHITSUKE (DISCIPLINA)

Seiri (clasificar)

Esta primer principio requiere de realizar un análisis exhaustivo para determinar aquellas cosas, objetos, materiales, herramientas, etc., que son necesarias en el área de trabajo y las que no. Es importante que al identificar lo innecesario se lleve a cabo un estudio de causa raíz para identificar la razón por la que en el lugar de trabajo se dejó de mantener lo necesario y se recurre a obtener elementos innecesarios.

04

Técnica Akafuda

La utilización de tarjetas rojas es una técnica que permite identificar algo innecesario en el lugar de trabajo y se debe tomar una acción correctiva.

La tarjeta roja está compuesta por 5 apartados:

- Información general
- Categoría
- Motivo
- Acción sugerida

12

Seiton (ordenar)

Al terminar de decidir cuáles son los objetos, herramientas, materiales, equipos, etc., relevantes para el trabajo se procede a determinar un lugar específico para cada artículo y esa debe permanecer ahí cuando no está siendo utilizado para el proceso productivo.

Aspectos clave para ordenar:

- Adaptar el contenido al contenido
- Reducir cantidades innecesarias en el suelo
- Duplicar herramientas y materiales
- MTP y IT en un lugar determinado
- Tomar en cuenta los implementos de limpieza
- Considerar problemas de seguridad

05

Reordenamiento del área de trabajo

Area general de la cortadora

Parte inferior de la mesa de trabajo

06

Seiso (limpiar)

En el proceso se limpia se buscan continuamente nuevas formas para no ensuciar por medio de la detección de fuentes de suciedad y modificación en las instrucciones de limpieza (cuando sea necesario facilitar el proceso de limpieza).

- Paso 1. Campaña de limpieza**
- Paso 2. Planificar el mantenimiento de limpieza**
- Paso 3. Manual de limpieza**
- Paso 4. Concianciación de limpieza**

11

Descripción de las actividades

PASO	ACTIVIDAD	RESULTADO
Campaña de limpieza	Realizar una jornada de limpieza para eliminar los elementos innecesarios.	<ul style="list-style-type: none"> • Motivación del personal • Sensibilización en la limpieza • Lugar adelantado de trabajo
Planificar el mantenimiento de limpieza	Entlar las actividades de limpieza de acuerdo con la producción de la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> • Máquinas limpias y en buen estado • Trabajo de limpieza equitativo • Incrementar la comodidad
Manual de limpieza	Elaboración de un documento para que los operadores conozcan los detalles para limpiar el área de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • El personal conoce a detalle el procedimiento de limpieza • Mantener la seguridad industrial
Concianciación de limpieza	Elaborar capacitaciones sobre las ventajas de la limpieza y los logros obtenidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Crear el hábito y mejorar el sistema de limpieza • Crear un ambiente de trabajo saludable

12

Continuación de figura 87.

Seiketsu (estandarizar)

Brinda la solución para que el personal pueda mantener su área de trabajo limpia y ordenada, preferiblemente mediante un control visual, el cual, permitirá distinguir de forma sencilla y rápida una situación anormal.

Control visual

Es cualquier medida o dispositivo encargado de comunicar el estado de algo desmembrado, con el fin de identificar si la situación se encuentra fuera del estándar.

04

Control visual en área de trabajo

Área directamente sobre el piso

Ubicación	Códe	Grupo	Código	Elemento
Comentarios	A1	Comentarios	01	Indicador
			02	Comentarios
			03	Comentarios
			04	Comentarios
Tornos	A2	Tornos	01	Comentarios
			02	Comentarios
Equipos de limpieza	A3	Equipos de limpieza	01	Comentarios
			02	Comentarios

05

Control visual en área de trabajo

Área directamente sobre el piso

Ubicación	Códe	Grupo	Código	Elemento
Mantenimiento de trabajo	M1	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
			03	Indicador
			04	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M2	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M3	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M4	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M5	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M6	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M7	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M8	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M9	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M10	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M11	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M12	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M13	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M14	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M15	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M16	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M17	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M18	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M19	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M20	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M21	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M22	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M23	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M24	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M25	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M26	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M27	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M28	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M29	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M30	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M31	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M32	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M33	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M34	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M35	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M36	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M37	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M38	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M39	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M40	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M41	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M42	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M43	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M44	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M45	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M46	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M47	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M48	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M49	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador
Mantenimiento de trabajo	M50	Mantenimiento de trabajo	01	Indicador
			02	Indicador

05


Shitsuke (disciplina)

Shitsuke implica:

- Convertir malos hábitos en buenos hábitos
- Respetar las normas y estándares
- Respetar los canales de comunicación
- Respetar a los demás cuando cumplan con las normas
- Mejorar continuamente

Es el principio fundamental para mantener todos los beneficios logrados con los primeros cuatro pasos, por tanto, si en el lugar de trabajo no se mantiene el sentido de disciplina no se verán resultados positivos.

05










Grupo Polytec
The Packaging Solution
La Solución en Empaques

Gracias por su atención

Fuente: elaboración propia, empleando Power Point 365.

Como parte de la participación a la capacitación se realizó la siguiente lista de asistencia:

Figura 88. Listados de asistencia: conociendo la metodología 5S

 Polytec La Solución en Empaques		LISTA DE ASISTENCIA A CAPACITACIÓN		No.	FR-RH-CE-001
NOMBRE DEL EVENTO: CONOCIENDO LA METODOLOGÍA 5S		INSTRUCTOR: KYARA CORDONADO		Revisión:	07
LUGAR: SALA DE CAPACITACIONES		FECHA: 08 OCTUBRE 2021		Fecha:	23 de Julio de 2020
				INTERNO: (X)	EXTERNO: ()
				MÓDULO:	
				DURACIÓN:	1 HORA
N°	Nota	NOMBRE	DEPARTAMENTO	PUESTO	FIRMA
1		Salvador Pérez	Corte	Supervisor	
2		Luis Chop	Corte	Ayudante	
3		Paula Sosa Saluy	Corte	Operador	
4		Emilia Hernández	Corte	Operador	
5		Carlos Ebrón	Corte	Operador	
6		Marcos Fonseca	Corte	Operador	
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
OBSERVACIONES:					

Fuente: Polytec, S. A. Lista de asistencia a capacitación. s/p.

A continuación, en la figura 90, se presenta la evaluación realizada a los asistentes de la capacitación con las respuestas correctas para cada enunciado:

Figura 89. Evaluación para la capacitación: conociendo la metodología 5S

Evaluación: Conociendo la metodología de las 5S		
Nombre:		Fecha:
Departamento:		Nota:
Serie I (30 puntos)		
Instrucciones: complete el esquema con el orden de las 5 eses:		
Serie II (30 puntos)		
Instrucciones: seleccione la respuesta correcta para las siguientes preguntas:		
<ol style="list-style-type: none"> Es la estrategia que permite determinar cuál será el lugar específico donde se ubicará cada artículo: a) Ordenar b) Disciplina c) Limpiar d) Estandarizar Es la estrategia que mediante un control visual permite mantener el área de trabajo limpia y ordenada: a) Ordenar b) Disciplina c) Limpiar d) Estandarizar Es la técnica que se utiliza para clasificar los artículos y determinar si se deben descartar o regresar a su lugar: a) Clasificar b) Tarjeta roja (akafuda) c) Manual de limpieza d) Disciplina 		
Serie IV (40 puntos)		
Instrucciones: encierre en un círculo la letra F si la respuesta es falsa y V si es verdadera.		
<ol style="list-style-type: none"> ¿La campaña de limpieza es el primer paso para implementar la estrategia "limpiar"? ¿Para mantener el orden de las áreas de trabajo se realizará por medio del control visual con códigos asignados? ¿La disciplina es el principio que permite que las otras eses se cumplan? ¿La metodología de las 5S no permite mejorar el ambiente de trabajo, más bien incrementa las tareas de trabajo? 	<p>V</p> <p>V</p> <p>V</p> <p>V</p>	<p>F</p> <p>F</p> <p>F</p> <p>F</p>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Durante la evaluación realizada se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que ningún participante reprobó la evaluación con menos de 70 puntos. Los resultados se pueden verificar en la tabla CI.

Tabla CI. **Puntuación de la evaluación: conociendo la metodología de 5S**

Colaborador	Punteo			Punteo total
	Serie 1	Serie 2	Serie 3	
1	30	20	30	80
2	30	30	30	90
3	24	20	30	74
4	30	20	20	70
5	24	30	30	84
6	18	20	40	78

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Gestión integral de los residuos

La capacitación con el tema de gestión integral de los residuos se impartió por medio de conferencia presencial al personal operativo y administrativo del área de corte para dar a conocer cuales los métodos o estrategias que deben seguir para reducir el consumo e incrementar la reutilización de los residuos. De igual forma, se les dio a conocer las estadísticas actuales sobre la generación de desechos dentro de la empresa, para que dimensionarán el efecto que esto produce en el medio ambiente. Como parte de los participantes se presentó personal operativo y administrativo del área de corte a la sala de capacitación general, donde se llevó a cabo la conferencia.

A continuación se presentan las diapositivas proyectadas en la conferencia:

Figura 90. **Presentación: gestión integral de los residuos**

Impartido por Kyara Coronado 14 de octubre del 2021

Gestión integral de los residuos

¿Dónde se generan los desechos?

- 1 Oficinas administrativas
- 2 Proceso de distribución
- 3 Proceso de producción y cafetería.

Generación y destino de los desechos (2018, 2019 y 2020)

Material	Venta (kg)	Vertedero municipal (kg)
Papel	27%	73%
Plástico	33%	67%
Madera	61%	39%

Prioridad de acciones

- 1 Reducción en origen
- 2 Reutilización
- 3 Reciclaje

Reducción del consumo

Papel

- Uso de pizarra:** Incrementar el uso de pizarra en la sala de capacitaciones.
- Reutilización:** Imprimir o escribir en la parte no impresa de una hoja utilizada con anterioridad.

Campanías generales: capacitaciones que puedan ser brindadas a todo el personal de Polytec.

Campanías específicas: afiches o recordatorios pequeños que puedan ser ubicados en los escritorios de las oficinas.

Estandarización de documentos digitales: Crear y actualizar un procedimiento sobre las especificaciones del tipo de letra, tamaño de letra y márgenes de los documentos que deban ser impresos.

Plástico

- Contenedores de agua:** Los contenedores plásticos en BDR se renuevan 2 veces al año. Pero con los depósitos de tarima estos podrían realizarle de este material.
- Ajustes y reparaciones temporales con tarimas:** En los ajustes y reparaciones los trozos de tarimas pueden funcionar y se evita comprar madera extra.

Campanías generales: capacitaciones que puedan ser brindadas a todo el personal de Polytec.

Campanías específicas: afiches o recordatorios pequeños que puedan ser ubicados en los escritorios de las oficinas.

Reducción del consumo

Plástico

Contenedores de agua

Clasificación de desechos


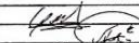
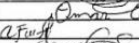

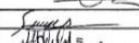
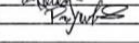
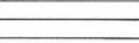
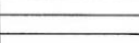

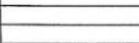
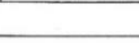
Para almacenar los desechos que no pudieron ser reutilizados o reducidos se realizará por medio de contenedores y de áreas especiales:

- Papel:** Las cubetas plásticas serán ubicadas dentro del área de chatarra para que estén disponibles cuando se necesiten.
- Botellas de plástico:** El desperdicio de tarimas se ubicará en un espacio alejado de las áreas de trabajo para evitar contaminación física en el producto.

Fuente: elaboración propia, empleando PowerPoint 365.

Como parte de la participación a la capacitación se realizó la siguiente lista de asistencia:

Figura 91. Listados de asistencia: gestión integral de residuos

 Polytec La Solución en Empaques		LISTA DE ASISTENCIA A CAPACITACIÓN			No.	FR-RH-CE-001
NOMBRE DEL EVENTO: GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS					Revisión:	07
INSTRUCTOR: KYARA CORONADO					Fecha:	23 de Julio de 2020
LUGAR: SALA DE CAPACITACIONES					INTERNO: <input checked="" type="checkbox"/>	EXTERNO: <input type="checkbox"/>
FECHA: 14 / OCTUBRE / 2021					MÓDULO:	
					DURACIÓN:	45 MINUTOS
N°	Nota	NOMBRE	DEPARTAMENTO	PUUESTO	FIRMA	
1		Carlos Giron	Corte	operador		
2		Alma González	Administrativo	coord. sistemas		
3		Amor Coronado	Corte	Operador		
4		Alina Fuentes	Administrativo	Programador		
5		Carla Sanchez	Administrativo	Asistente de mantenimiento		
6		Luz Chod	Corte	Operador		
7		Amber Sozo Saenz	Corte	Operador		
8		Silvador Perez	Corte	Supervisor		
9		Mauricio Fonseca	Corte	Operador		
10		Rafael Zambrano	Corte	Asistente		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
OBSERVACIONES:						

Fuente: Polytec, S. A. Lista de asistencia a capacitación. s/p.

En la figura 93 se presenta la evaluación realizada a los asistentes de la capacitación con las respuestas correctas para cada enunciado:

Figura 92. **Evaluación para la capacitación: gestión integral de los residuos**

Evaluación: Gestión integral de los residuos		
Nombre:		Fecha:
Departamento:		Nota:
Serie I (20 puntos)		
Instrucciones: seleccione la respuesta correcta para las siguientes preguntas:		
1. ¿Cuáles son los desechos que se generan dentro del proceso de producción? a) Madera b) Plásticos c) Papel		
2. ¿Cuáles son los desechos que se generan debido al trabajo realizado dentro de las oficinas administrativas? a) Madera b) Plásticos c) Papel		
Serie II (40 puntos)		
Instrucciones: complete el esquema de acuerdo a la priorización de los planes de acción para la gestión integral de los residuos:		
Serie IV (40 puntos)		
Instrucciones: encierre en un círculo la letra F si la respuesta es falsa y V si es verdadera.		
5. ¿Las campañas generales consisten en las capacitaciones que se le brindarán a todos los colaboradores de Polytec?	V	F
6. ¿El uso de la pizarra es un plan de acción para disminuir el consumo de las hojas de papel?	V	F
7. ¿Los documentos deben tener un formato específico de letra, márgenes y espacios para que SI se puedan imprimir?	V	F
8. ¿Para realizar las reparaciones temporales no se pueden usar los trozos de tarima desechados?	V	F

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Durante la evaluación realizada se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que ningún participante reprobó la evaluación con menos de 70 puntos. Los resultados se pueden verificar en la tabla CII.

Tabla CII. **Puntuación de la evaluación: gestión integral de los residuos**

Colaborador	Punteo			Punteo total
	Serie 1	Serie 2	Serie 3	
1	20	26,66	40	86,66
2	10	40	40	90
3	10	40	30	80
4	10	26,66	40	76,66
5	20	13,33	40	73,33
6	20	40	40	100
7	10	40	40	90
8	20	13,33	40	73,33
9	0	40	40	80
10	20	26,66	40	86,66

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Para ambas capacitaciones se entregó un diploma de participación y se archivó una copia en el expediente de cada participante.

Figura 93. **Diploma de participación.**



Fuente: elaboración propia, empleando Canva 2021.

4.4. Costo de la propuesta

Para la propuesta del plan de capacitación anual, se establecen los costos con base en la proyección estimada de personas que asistirán a todas las capacitaciones que se establecen en el plan. Por otro lado, en la tabla donde se detallan las descripciones y los rubros, se incluyó el costo de los diplomas brindados en las capacitaciones para que sea tomado en cuenta para proyecciones futuras por parte de la empresa.

Tabla CIII. Costo de la implementación de la propuesta

Tema de capacitación	Costo unitario
Inducción a Polímeros y Tecnología, S. A.	Q200,00
Motivación y relaciones humanas en el ámbito laboral	Q400,00
Conociendo la metodología de 5S	Q10,00
Control de calidad por medio de <i>Jidoka</i>	Q150,00
Estandarización de la velocidad de trabajo	Q150,00
Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Q50,00
Mantenimiento autónomo y la intervención del personal operativo	Q70,00
Implementación de la metodología SMED	Q100,00
Grupos de mejora continua <i>Kaizen</i>	Q400,00
Gestión integral de los residuos	Q50,00
Total estimado de inversión	Q1 580,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

CONCLUSIONES

1. El diagnóstico de la situación actual se llevó a cabo por medio de la observación de entrevistas no estructuradas con el personal operativo y administrativo del área de corte. Dichos hallazgos fueron plasmados en el diagrama de Ishikawa para clasificar las causas de la baja eficiencia en las cortadoras de sello lateral, de acuerdo con la clasificación a la que pertenezcan, con el fin de definir las herramientas que se utilizarán para lograr el incremento de la eficiencia. Dentro de las herramientas utilizadas se encuentra la metodología de 5S, redistribución *layout*, mantenimiento productivo total (TPM), *jidoka*, *poka-yoke*, estandarización de la velocidad de trabajo, SMED y grupos *kaizen*.
2. De acuerdo con las características de los productos con mayor volumen de producción, en las cortadoras de sello lateral se establecieron 2 familias de productos, las cuales se diferencian entre sí debido al tipo de perforaciones y de empaque. Conociendo lo anterior se diagramaron 8 procesos comprendidos en la técnica de sello lateral, para cada uno de ellos se determinó su eficiencia tomando como base el tiempo total del diagrama de flujo con el tiempo total del diagrama de operaciones.
3. La realización del mapeo de la cadena de valor actual permitió identificar los puntos en los que se encuentran los cuellos de botella con base en el tiempo *takt*, además se determinó que durante todo el proceso de la técnica de sello lateral las actividades que añaden valor toman un tiempo de 8,47 horas, mientras que las actividades que añaden valor equivalen a 21,68 días. Esto dio paso al diseño de la cadena de valor futura en la que

se muestra en qué procesos se deben aplicar las herramientas *lean* para incrementar el flujo y la eficiencia de todo el proceso.

4. El monitoreo continuo del proceso de producción en las cortadoras de sello lateral permitió documentar la metodología de trabajo por parte del personal operativo y descubrir que, dependiendo de la máquina en la que se esté trabajando, así será la velocidad de trabajo sin importar si es el mismo producto el que produce. Además, se determinó que las máquinas producen por debajo de su capacidad real. Por lo tanto, para mejorar la situación se incrementa la velocidad de trabajo de forma paulatina en compañía de los supervisores y auditores de calidad, para luego analizar estos registros y diseñar una tabla donde se estandariza la velocidad a la que se debe producir, junto con los ajustes operativos para garantizar la calidad del producto, con base en las características o especificaciones brindadas por el cliente. Con las acciones anteriores se logró incrementar en promedio un 23,44 % la velocidad en las máquinas de sello lateral.
5. En el diseño de la propuesta para implementar 5S, TPM, SMED, *jidoka*, *poka-yoke* y grupos *kaizen*, se estableció el procedimiento que se debe seguir en cada herramienta para evitar la confusión y tomando en cuenta que nunca se han utilizado dichas metodologías. Dentro de cada una de ellas se explican y establecen los formatos a llenar de acuerdo con las actividades, estrategias para facilitar el seguimiento y la validación del correcto uso de las herramientas.
6. Se definió un plan de gestión integral para la generación de los residuos producidos por Polytec, iniciando con la implementación de la reducción en origen del consumo de los diversos materiales, para luego establecer estrategias de reutilización de todo aquello que no se pueda disminuir en

consumo y, como última opción, acudir al proceso de transformación de los materiales utilizados.

7. Se diseñó un plan de capacitación anual que se basó en la detección de necesidades en el personal operativo y administrativo. En dicho plan se proponen temáticas relacionadas con el conocimiento e identificación del personal con la empresa, además de capacitaciones dirigidas a enseñar de forma didáctica y continua las estrategias para implementar las mejoras en el proceso de sello lateral, lo cual provocará el incremento de la eficiencia.

RECOMENDACIONES

1. Recordar que la gerencia general y los jefes de área deben implementar las metodologías y estrategias propuestas por medio de las herramientas de *lean manufacturing* para formentar la cultura de mejora. Además, comprometerse a mantener un seguimiento continuo de la forma de aplicar las herramientas en todos los eslabones de la organización.
2. Tomar en cuenta que el gerente de producción debe considerar fomentar la creación de los grupos de mejora *kaizen* que estén integrados por personal operativo y personal administrativo de los diferentes departamentos, con el fin de mantenerse en una identificación constante de los puntos de mejoras en todo el proceso de corte y establecer soluciones integrales y definitivas a los problemas.
3. Considerar que el jefe y supervisores del área de corte deben velar porque se cumpla la estandarización de la velocidad de trabajo por parte del personal operativo, respetando las especificaciones del cliente, los ajustes operaciones necesarios y la capacidad física de los trabajadores.
4. Recordar que todo el personal de Polytec debe estar comprometido con la gestión integral de los residuos, desde el punto en que se originan hasta las opciones a las que se pueden optar para reducir y reutilizar los materiales del proceso de producción y de las actividades diarias.

5. Tomar en cuenta que el departamento de recursos humanos debe dar seguimiento a la actualización constante del programa de capacitación basado en diagnóstico de las necesidades de capacitación, para establecer los ejes temáticos que se adapten de mejor forma a las características del personal de Polytec.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCALÁ GÁMEZ, Alejandro; CADENA BADILLA, Martin. *Situando el SMED como una herramienta de “Lean Manufacturing” para mejorar los tiempos de preparación, ajuste y cambio de herramientas*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial y Sistemas. Facultad de Ingeniería. Universidad de Sonora. 2015. 48 p.
2. ANGULO TEJADA, Y. *Mapeo del flujo de valor (VSM) en el sector servicios Colombia vs Brasil*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de Santiago de Cali, Chile. 2019. 130 p.
3. BRAVO PINEDA, Yolanda Guadalupe; VÁSQUEZ MOROCHO, Jahaira Elizabeth. *Diagnóstico de necesidades y propuesta de capacitación para la empresa ESFEL S. A. Esmaltes Ferro El Juri*. Trabajo de graduación de Psicología del Trabajo. Facultad de Psicología del Trabajo. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. 2012. 126 p.
4. FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Edgar. *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*. Trabajo de graduación de Máster Universitario en Tecnologías Marinas y Mantenimiento. Escuela Superior de La Marina Civil de Gijón. Universidad de Oviedo. España. 2018. 60 p.
5. GISBERT SOLER, Victor; PÉREZ MOLINA, Ana Isabel; PÉREZ BERNABEU, Elena. *Cuadernos de investigación aplicada*. España: 3ciencias. 2018. 79 p.

6. GONZÁLEZ CORREA, Francisco. *Manufactura esbelta (lean manufacturing). principales herramientas*. [en línea]. <<http://www.itc.mx/ojs/index.php/raites/article/view/77>>. [Consulta: 5 de agosto de 2021].
7. GONZÁLEZ, A., VELÁSQUEZ, S. *Mapa de cadena de valor implementado en la empresa Agronopal ubicada en el D.F.* [en línea]. <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46724109005>>. [Consulta: 5 de agosto de 2021].
8. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. México: The McGraw-Hill. 2014. 363 p.
9. HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos; VIZÁN IDOPE, Antonio. *Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España: Medio ambiente, industria y energía. 2013. 174 p.
10. IBARRA BALDERAS, Víctor Manuel; BALLESTEROS MEDINA, Laura Lorena. *Manufactura esbelta*. [en línea]. <<https://www.redalyc.org/journal/944/94453640004/94453640004.pdf>>. [Consulta: 5 de agosto de 2021].
11. LIMA HERRERA, Jaquelin Valesca. *Plan de capacitación para el personal de planta de producción de una panadería tradicional*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 2011. 158 p.

12. LÓPEZ CORREA, Margarita. *Diagnóstico de necesidades de capacitación para el personal de una empresa de turismo de Xalapa, Veracruz*. Trabajo de graduación de Maestría en Ciencias Administrativas. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas. Universidad Veracruzana. México. 2018. 123 p.
13. MADARIAGA NETO, Francisco. *Lean manufacturing. Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Madrid, España: BUBOK. 2021. 282 p.
14. Ministerio de ambiente y recursos naturales *Guía práctica para la formulación de planes municipales para la gestión integral de residuos y desechos sólidos*. Guatemala: MARN. 2016. 62 p.
15. Ministerio de ambiente y recursos naturales. *Guía para la identificación de los residuos sólidos comunes*. Guatemala: Artes litográficas, S. A. 2018. 16 p.
16. MORENO CASTILLO, Denis Carolina; GRIMALDO LEÓN, Gloria Elizabeth; SALAMANCA MOLANO, María Camila. *El mapa de la cadena de valor como herramienta de diagnóstico de sistemas productivos. Caso: línea de producción láctea*. [en línea]. <<https://www.revistaespacios.com/a18v39n03/a18v39n03p17.pdf>> . [Consulta: 5 de agosto de 2021].

