UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Propuesta de mejora en el área de producción en una empresa que fabrica
pallets de madera aplicando herramientas de Lean Manufacturing

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Santillán Díaz, José Alonso Wilfredo (0000-0002-4162-0623)

ASESOR:

Álvarez Merino, Jose Carlos (0000-0002-2459-9236)

Lima, 27 de febrero de 2020

DEDICATORIA

A mis padres, hermana y abuela. Así como a mis familiares más cercanos que me apoyaron en todo momento en culminar mis estudios y ser cada día mejor.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basa en una propuesta de mejora en la fabricación de pallets de madera en una planta de producción de la ciudad de Lima, cuyo objetivo es incrementar la eficiencia en su proceso de fabricación. En el capítulo 1, se desarrolla el marco teórico del trabajo de investigación donde se fundamentan las metodologías y herramientas a utilizar en la propuesta de solución del problema. Asimismo, se establece el estado del arte del trabajo de investigación dónde se presentan los casos de estudio de problemas similares al presente trabajo. En el capítulo 2, se describen los procesos de la empresa y se identifica el problema. Es donde mediante herramientas de análisis se identifica las causas de los problemas por productos no conformes y devoluciones. Como causas se identifica que las dimensiones erróneas y la acumulación de desperdicios ocasionan los productos no conformes. Finalmente, llegando a las causas raíces las cuales son la mala medición, el apuro del personal y la falta de limpieza (desperdicios). Con el desarrollo de estas herramientas se busca reducir el número de productos no conformes (PNC), optimizar los métodos de trabajo, incremento de la productividad de la empresa. En el capítulo 4, se realiza la evaluación y validación de la propuesta de mejora mediante la simulación, donde se muestran los resultados. Además, se realiza una evaluación económica y financiera de la propuesta. Finalmente, en el capítulo 5 se establecen las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

Palabras claves: Eficiencia, Palabras claves: VSM, 5S, trabajos estandarizados, la estandarización de proceso, Heijunka y balance de línea.

ABSTRACT

This research work is based on a proposal to improve the manufacture of wooden pallets in a production plant in the city of Lima, whose objective is to increase efficiency in its manufacturing process. In Chapter 1, the theoretical framework of the research work is developed where the methodologies and tools to be used in the proposal to solve the problem are based. Likewise, the state of the art of the research work is established where the cases of study of problems similar to the present work are presented. In chapter 2, the company's processes are described and the problem is identified. It is where, through analysis tools, the causes of problems due to non-conforming products and returns are identified. As causes it is identified that the wrong dimensions and the accumulation of waste cause non-conforming products. Finally, reaching the root causes which are the bad measurement, the trouble of the staff and the lack of cleanliness (waste). The development of these tools seeks to reduce the number of non-conforming products (PNC), optimize working methods, increase the productivity of the company. In Chapter 4, the evaluation and validation of the improvement proposal is carried out through simulation, where the results are shown. In addition, an economic and financial evaluation of the proposal is made. Finally, chapter 5 establishes the conclusions and recommendations of the research work.

Keywords: Efficiency, Keywords: VSM, 5S, standardized works, Work Standardization, Heijunka and line balance.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
TABLA DE CONTENIDOS	v
INDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
1. MARCO TEÓRICO	16
1.1. Análisis de la Industria	16
1.1.1. Descripción de la industria	16
1.1.2. La industria en Perú	17
1.1.3. Normativa Legal	19
1.1.4. SERFOR	22
1.1.5. Descripción de la Madera Pino Radiata y Bolaina	23
1.1.6. Rendimiento de aserrío de la madera	25
1.1.7. Factores que inciden en la calidad y rendimiento de la madera aserrada	26
1.2. Lean Manufacturing	30
1.3. Implementación de Lean manufacturing	34
1.4. Herramientas de Lean Manufacturing	39
1.4.1. Value Stream Management (VSM):	40
1.4.2. 5S	44
1.4.3. Trabajo estandarizado	48
	v

1.4.4. Gestión visual	52
1.4.5. Heijunka – Balance de línea	53
1.4.6. SMED	55
1.5. Estado del Arte	60
1.5.1. Caso 1: Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company	60
1.5.2. Caso 2: Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry	69
1.5.3. Caso 3: Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry	75
2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	81
2.1. Descripción de la empresa	81
2.1.1. Datos generales	82
2.1.2. Visión	82
2.1.3. Misión	82
2.1.4. Valores	83
2.1.5. Estructura Organizacional	83
2.1.6. Productos	83
2.1.7. Ventas	85
2.1.8. Participación del mercado	86
2.2. Procesos de la empresa	87
2.2.1. Análisis FODA	88
2.2.2. Cadena de Valor	89
2.2.3. Mapa de Procesos	90

2.3.	Descripción del proceso de producción	91
2.3.1.	SIPOC	92
2.3.2.	Maquinarias y equipos	93
2.3.3.	Proceso de producción de pallets	97
2.4.	Diagnóstico de la situación actual	104
2.4.1.	Contexto de la problemática	104
2.4.2.	Impacto Económico Total	112
2.4.3.	Indicadores:	113
2.5.	Análisis de las causas	113
2.5.1.	Dimensiones erróneas o faltantes	114
2.5.2.	Acumulación de viruta, aserrín	117
2.5.3.	5M	120
2.5.4.	Árbol de problema, causas y efecto	121
2.5.5.	Relación de causas y soluciones	124
2.6.	Hipótesis	126
3.	PROPUESTA DE MEJORA	127
3.1.	Jerarquización de criterios de selección	127
3.2.	Evaluación y Selección de la metodología	127
3.3.	Vinculación de la causa con la solución	129
3.4.	Diseño de la propuesta	131
3.4.1.	Proceso de la implementación	131
3.4.2.	Ahorros	184
3.4.3.	Inversión	185

3.5.	Aplicación del Trabajo Estandarizado	186
3.6.	Indicadores	194
4.	VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	195
4.1.	Simulación	195
4.2.	Evaluación económica	201
4.3.	Impactos de la solución de ingeniería	204
4.3.1.	Medio Ambiente	204
4.3.2.	Otros impactos	206
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	209
5.1	Conclusiones	209
5.2	Recomendaciones	210
6.	REFERENCIAS	211
7.	ANEXOS	220

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Subsector Fabril No Primario: julio 2019	17
Tabla 2: Comparación del valor OEE de las tres máquinas con el valor de la clase mundial	63
Tabla 3: Tiempo promedio de Setup de las máquinas.....	63
Tabla 4: Resultados antes y después de la implementación de la metodología SMED .	68
Tabla 5: Propuestas para actualizar los equipos en las estaciones de trabajo de la línea de ensamble	77
Tabla 6: Resultados	79
Tabla 7: Matriz FODA	88
Tabla 8: PNC y devoluciones	104
Tabla 9: Benchmark	105
Tabla 10: PNC y devoluciones por mal corte radial.....	106
Tabla 11: Relación de Causas y Tipos de fallas	107
Tabla 12: Porcentaje acumulado por motivo de PNC y devoluciones	108
Tabla 13: Impacto Económico por PNC, devoluciones y sus reprocesos	109
Tabla 14: Impacto económico por desbalance de línea.....	112
Tabla 15: Impacto Económico Total	113
Tabla 16: Causas de dimensiones erróneas o faltantes.....	116
Tabla 17: Causas de acumulación de viruta, aserrín	119
Tabla 18: 5M	120
Tabla 19: AHP – Selección de metodología.....	129
Tabla 20: Elaboración del Plan de implementación de mejoras.....	132
Tabla 21: Descripción de las actividades para la implementación de mejora	132

Tabla 22: Evaluación de resultados	133
Tabla 23: Control de resultados.....	133
Tabla 24: DAP proceso actual	142
Tabla 25: Datos adicionales requeridos.....	143
Tabla 26: Análisis de actividades internas y externas	144
Tabla 27: DAP después de la mejora en la actividad de Corte Radial	147
Tabla 28: Cálculo de tiempo disponible de mejora	147
Tabla 29: DAP, análisis de actividades internas y externas del proceso general	149
Tabla 30: DAP de mejora después de aplicar la estandarización de proceso al proceso general	151
Tabla 31: Datos adicionales para el proceso de mejora de producción.....	153
Tabla 32: Implementación de balance de línea	154
Tabla 33: Tiempo total por operario.....	157
Tabla 34: DAP de proceso de mejora.....	158
Tabla 35: Ahorros por la solución de dimensiones erróneas o faltantes	159
Tabla 36: Impacto económico para solución de dimensiones erróneas o faltantes	159
Tabla 37: Auditoría 5S	178
Tabla 38: estandarización de las 5S en la producción de pallets.....	180
Tabla 39: Cálculo del tiempo de proceso de producción de pallets después de implementar las 5S	180
Tabla 40: DAP mejora del proceso de producción de pallets.....	181
Tabla 41: Balance de tiempo por operario y por actividad.....	183
Tabla 42: Mejora por balance de línea final	184
Tabla 43: Ahorro total después de implementación de las herramientas Lean Manufacturing	185

Tabla 44: Cálculo de inversión.....	185
Tabla 45: Distribuciones para el modelo de los procesos actual y mejora en Arena ...	195
Tabla 46: Resultados de la simulación del proceso actual	198
Tabla 47: Resultados de la simulación del proceso de mejora	199
Tabla 48: Comparación de resultados calculados versus simulados	200
Tabla 50: Cálculo de Costo de Oportunidad	202
Tabla 51: Escenario Esperado	202
Tabla 52: Escenario Pesimista.....	203
Tabla 53: Escenario Optimista	204
Tabla 53: Matriz de Leopold, medio ambiente.....	205
Tabla 54: Impacto Legal-Político	206
Tabla 55: Impacto Económico.....	207
Tabla 56: Impacto Social cultural.....	207
Tabla 57: Impacto tecnológico	208

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de diferentes especies transformadas (2000-2010).....	23
Figura 2: Partes de la corteza de Madera pino radiata y bolaina.....	24
Figura 3: Partes de la corteza de la madera	29
Figura 4: Fases y metodologías en la implementación de Lean Manufacturing	35
Figura 5: Proceso de implementación general de Lean.....	38
Figura 6: Pasos del proceso sugerido	39
Figura 7: VSM actual	42
Figura 8: VSM futuro	43
Figura 9: 5S	47
Figura 10: Antes y después de implementar 5S	47
Figura 11: Las 3 MU	52
Figura 12: descripción del tiempo de Setup	56
Figura 13: Diagrama de los pasos de SMED.....	57
Figura 14: Diagrama Analítico del proceso para el Setup de CC1.....	65
Figura 15: Diagrama de Spaghetti para CCI	66
Figura 16: VSM actual	72
Figura 17: VSM futuro	73
Figura 18: Estado actual vs. mejora	74
Figura 19: VSM del estado actual	76
Figura 20: Tiempo utilizado en cada tarea antes y después de las mejoras implementadas en la segunda fase	80
Figura 21: Organigrama M&G PALLETS.....	83
Figura 22: Parihuela de madera	84

Figura 23: Ventas año 2016-2018	86
Figura 24: Ventas 2011-2018	86
Figura 25: Cadena de Valor.....	89
Figura 26: Mapa de procesos.....	90
Figura 27: SIPOC del proceso de producción de parihuela	92
Figura 28: Máquina Tableadora.	93
Figura 29: Máquina Radial.....	94
Figura 30: Máquina Múltiple.....	94
Figura 31: Montacargas.....	95
Figura 32: Clavadora	96
Figura 33: Cámara de tratamiento térmico	96
Figura 34: DOP de producción de parihuela	99
Figura 35: Flujo de atención de pedidos.....	100
Figura 36: DAP del proceso de producción de una parihuela	101
Figura 37 DAP del proceso de producción de un lote de 178 pallets.....	102
Figura 38: Diagrama de recorrido de la planta.....	103
Figura 39: Porcentaje acumulado por motivo de devolución 2018.....	108
Figura 40: VSM Actual	110
Figura 41: Desbalance de línea en la producción de pallets.....	111
Figura 42: Porcentaje acumulado por motivo de devolución 2018.....	114
Figura 43: Estación de trabajo de máquina o cortadora radial	115
Figura 44: Medición manual de cada una de las tablillas para las pallets.....	115
Figura 45: Causas de dimensiones erróneas o faltantes	116
Figura 46: Estación de trabajo de máquina o cortadora con aserrín y viruta genera PNC	117

Figura 47: Acumulación de viruta en el camino entre las estaciones de trabajo.....	118
Figura 48: Aserrín en la mesa de corte genera PNC.....	118
Figura 49: Causas de acumulación de viruta, aserrín	119
Figura 50: 5M	120
Figura 51: Árbol de problemas, causas y efectos	122
Figura 52: Diagrama de Ishikawa.....	123
Figura 53: Vinculación de Causas y Soluciones	125
Figura 54: Vinculación de Causas y Soluciones	130
Figura 55: Organigrama del equipo LEAN	134
Figura 56: Árbol de problemas, causas y efectos	140
Figura 57: Proceso actual y mejora de la subactividad de corte radial.....	145
Figura 58: Mejora Corte radial	146
Figura 59: VSM Mejora, después de la implementación la estandarización del proceso en corte radial	148
Figura 60: Proceso actual y de mejora al implementar la estandarización de proceso	150
Figura 61: VSM de mejora del proceso de producción	152
Figura 62: Desbalance de línea en la producción de pallets.....	154
Figura 63: VSM mejora del proceso de producción de pallets.....	155
Figura 64: Balance de línea – Producción de pallets.....	156
Figura 65: Distribución de operarios	156
Figura 66: Balance de tiempo aproximado por operario por actividad versus tiempo takt	158
Figura 67: Zona: objetos y herramientas en desorden (actual) (A)	161
Figura 68: Zona: objetos y herramientas en desorden (actual) (A)	161
Figura 69: Zona: objetos y herramientas en desorden (actual) (A)	162

Figura 70: Zona: objetos y herramientas en desorden (actual) (A)	162
Figura 71: Zona equipos y herramientas fuera de su zona (actual)	166
Figura 72: Zona equipos y herramientas fuera de su zona (actual)	166
Figura 73: Zona equipos y herramientas fuera de su zona (actual)	167
Figura 74: Zona equipos y herramientas fuera de su zona (actual)	167
Figura 75: Zona instalaciones/equipos/oficinas (actual)	171
Figura 76: Zona instalaciones/equipos/oficinas (actual)	171
Figura 77: Zona instalaciones/equipos/oficinas (actual)	172
Figura 78: Zona instalaciones/equipos/oficinas (actual)	172
Figura 79: Lista de publicación de controles visuales	175
Figura 80: VSM mejora final	182
Figura 81: Balance de línea	183
Figura 82: Balance de operarios final.....	184
Figura 83: Procedimiento de Control y/o servicio no conforme	187
Figura 84: Procedimiento de Auditoría Interna.....	188
Figura 85: Procedimiento de Calibración o verificación de los equipos	191
Figura 86: Procedimiento de Capacitación.....	192
Figura 87: Formato Evaluación de proveedores.....	193
Figura 88: Modelo de simulación del proceso actual.....	196
Figura 89: Modelo de simulación del proceso de mejora.....	197

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Análisis de la Industria

El sector industrial se dedica a la extracción, transformación y comercialización de pallets, parihuela o madera, las cuales debe cumplir con la normativa legal y la entidad encargada de hacer cumplirla es SERFOR. En esta industria existe gran variedad de maderas y para el estudio se considerará la especie madera pino radiata y bolaina en todas sus variedades prevalecientes en el Perú. La industria tiene diversos procesos de transformación a los que se somete la madera de las cuales se podrá conocer su calidad, rendimiento y los factores que inciden sobre el producto final.

1.1.1. Descripción de la industria

El sector industrial de la madera se dedica a la extracción, transformación y comercialización de la madera para diferentes fines. A continuación, se explicará el proceso de transformación primaria por las cuales pasa la madera antes de su uso comercial.

Transformación primaria. Este primer procesamiento industrial de transformación de la madera rolliza se realiza con las siguientes máquinas: sierra circular y sierra cinta, los cuales realizarán el escuadrado, aserrío, re aserrío con los cuales se obtendrá bloques, tablonés y mermas.¹

Extracción. Es la primera operación que se realiza y se conoce como tala la cual se realiza con equipos especiales denominados motosierras, dentro de este proceso se le quita las ramas y se corta el árbol caído en piezas más pequeñas la cual es transportada a las plantas de transformación primaria.²

1 Cfr. DGFFS 2012: 5

2 Cfr. Capuz Llandró 2008: 228

Transformación. Es el conjunto de actividades que se desarrolla para cortar longitudinalmente las trozas de madera³. Típicamente existen dos tipos de máquina que se usan en la transformación de la madera y son las siguientes:

- Sierra Circular: En esta máquina se hace la primera transformación denominada proceso de escuadrado, es donde se elimina la corteza de los troncos y se obtiene madera bloqueada o troza escuadrada⁴.
- Sierra Cinta: En esta máquina se hace la segunda transformación denominada proceso aserrado, es donde se corta las trozas escuadradas en piezas más pequeñas las cuales pueden ser: tablas, listones, durmientes, etc.⁵.

Comercialización. En esta actividad se vende la madera transformada para diferentes fines, las cuales pueden variar de acuerdo con la naturaleza de la madera y fines necesarios.

Se puede decir que la industria de madera produce una variedad amplia de productos las cuales pasan por diferentes tipos de procesos siendo la básica la transformación primaria.

1.1.2. La industria en Perú

De acuerdo con el Informe Técnico del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) el aserrado y acepillado de madera a julio de 2019 tuvo un incremento de 16.16% y para el periodo de enero-julio 2019 un incremento de 6.76% como se muestra a continuación:⁶

Tabla 1: Subsector Fabril No Primario: julio 2019

³ Cfr. Capuz Llandró 2008: 229

⁴ Cfr. DGFFS 2012: 9

⁵ Cfr. DGFFS 2012: 9

⁶ Cfr. INEI 2019: 24

Subsector Fabril No Primario: Julio 2019			
(Año base 2007)			
Actividad	Ponderación	Variación porcentual 2019/2018	
		Julio	Enero-Julio
Sector Fabril No Primario	75,05	3,82	1,19
Bienes de Consumo	37,35	5,28	0,94
3211 Fabricación de joyas y artículos conexos	0,44	97,01	68,03
3100 Fabricación de muebles	2,70	17,75	2,49
1071 Elaboración de productos de panadería	2,54	20,32	12,38
1030 Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas	1,61	23,22	-2,86
1709 Fabricación de otros artículos de papel y cartón	1,66	13,74	-10,43
1050 Elaboración de productos lácteos	1,86	11,34	11,45
2023 Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador	2,88	6,20	-2,50
1520 Fabricación de calzado	1,23	-34,38	-27,15
1410 Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel	6,77	-13,17	0,73
Bienes Intermedios	34,58	0,59	1,14
2511 Fabricación de productos metálicos para uso estructural	1,83	38,73	20,53
2394 Fabricación de cemento, cal y yeso	3,42	9,70	4,10
1610 A serrado y acepilladura de madera	2,26	16,16	6,76
2220 Fabricación de productos de plástico	3,08	5,77	4,53
2022 Fabricación de pinturas, barnices y productos de revestimiento similares, tintas de imprenta y masillas	1,40	-16,98	-2,47
1061 Elaboración de productos de molinería	2,61	-21,52	-7,73
Bienes de Capital	1,82	78,86	7,81
2710 Fab. de motores, generadores y transformadores eléctricos y aparatos de distrib. y control de la energía elé	0,40	160,27	-15,14
2825 Fabricación de maquinaria para la elaboración de alimentos, bebidas y tabaco	0,07	121,38	12,53
2920 Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques	0,17	27,97	18,12
2824 Fabricación de maquinaria para la explotación de minas y canteras y para obras de construcción	0,25	-28,39	-39,38

Fuente: INEI (2019): 24

En la tabla 1, se muestra que INEI comprende el estudio del aserrado y acepilladura de madera como fabril no primario, dentro del mercado de bienes intermedios.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en su reporte “La industria de la Madera en el Perú” del año 2018, indica que el inmenso intercambio comercial interno y externo ha impulsado a otro sector impulsador de la logística, primordial para el mercado de pallets o pallets; y aunque no hay cifras oficiales de este mercado, se estima un requerimiento anual de 379,440 m³ de madera rolliza. Al considerar el movimiento portuario y de transporte al 2020, la demanda ascendería entre 506,467 a 534,272 m³ de madera rolliza para la producción de pallets.

Actualmente las especies empleadas en este rubro son pino (importado), bolaina y otras maderas tropicales con menor valor comercial agrupadas bajo el nombre de roble.⁷

1.1.3. Normativa Legal

Legislación Forestal implicada en la actividad de la Empresa: Hoy en día, las actividades empresariales tienen normativas propias a cada sector, en tal sentido podemos señalar que la empresa de estudio tiene una regulación especializada que se ha de tener en cuenta. Es necesario advertir que la revisión de la legislación se realizará en términos generales, es decir que el análisis no será técnico, ya que el objeto de estudio de la investigación es otro, la importancia de tratar el tema jurídico reside en la necesidad de ubicarnos y contextualizar el ámbito al cual las empresas se enfrentan para realizar las actividades primigenias en el sector maderero. A continuación, se citarán/mencionarán las leyes y los artículos pertinentes que se presentan en el accionar de una empresa maderera.

En primer lugar, se tiene a la **“Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales” N° 26821**, esta ley de recursos naturales proporciona información básica acerca de qué podemos llamar un recurso natural, que especies de recursos naturales se encuentran, en el caso del estudio importa la forestación, pues bien este tema es tocado, pero con sumo cuidado y distinto matiz, puesto que hace mayor énfasis hacia áreas donde la mano del hombre no haya intervenido; este recurso (forestal) en conjunto con las demás riquezas naturales (minería, aguas, etc.) son considerados como patrimonio de la nación⁸.

El término de patrimonio de la nación para calificar algo genera que el tratamiento sea diferenciado, pues si bien es cierto que el Estado Peruano puede disponer de los recursos

⁷ Cfr. FAO (2018):22

⁸ Cfr. Perú. Congreso de la Republica 1997

que este tiene, cuando recibe la denominación lo sitúa en un escalón encima de los demás bienes que tiene el Estado, ya que hay un interés público mucho más profundo el cual proviene de razones históricas⁹.

Sin embargo, en esta ley revisada nos pone excepciones para aquellos recursos cultivados, los cuales se regirán bajo una ley especial, ya que a pesar de indicarse claramente que los recursos naturales tienen que ser Administrados por el Estado, existen leyes superiores que limitan el poder del Estado en cuanto a la propiedad de privada de una persona particular.

De los alcances generales del trabajo que se puede indicar es que la empresa ha ido trabajando en el sector forestal pero exclusivamente enfocado hacia aquellas que proviene de particulares, por tal es necesario que se remita a la ley especial.

En segundo lugar, se tiene “**Ley forestal y de fauna silvestre**” N° 29763 en caso de esta ley se tomara en cuenta ciertos artículos de importancia¹⁰:

Artículo 5. Recursos forestales

Artículo 13. Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)

Artículo 14. Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)

Artículo 47. Planes de manejo para modalidades de extracción de escala reducida en tierras de comunidades, predios privados y bosques locales

Artículo 69. Otorgamiento de permisos forestales en predios privados

Artículo 120. Autorización de centros de transformación

Artículo 121. Transporte, transformación y comercialización de productos forestales y de fauna silvestre

Artículo 124. Guía de transporte de productos forestales y de fauna silvestre

⁹ Cfr. Perú. Congreso de la Republica 1997

¹⁰ Cfr. Perú. Congreso de la Republica 2015

Artículo 125. Transferencia de productos forestales decomisados

Artículo 126. Acreditación del origen legal de los productos forestales y de fauna silvestre.

De acuerdo con los artículos citados ha de tenerse en cuenta lo siguiente: los recursos naturales se han de dividir basados en las características de la propiedad ubicación y clasificación que haga la autoridad nacional correspondiente. La autoridad que se hace responsable del sector forestal en el tema de los actos administrativos correspondiente tales supervisar, fiscalizar, otorgar los permisos correspondientes, etc., es SERFOR, la cual está adscrita al Ministerio de Agricultura. Los términos de referencia de cómo se debe realizar la extracción y manejo en una escala reducida son decididas por SERFOR. Asimismo, se puede comentar que la actividad de este ente no es centralizada, por el contrario, esta difuminada en las distintas regiones, por lo cual en cada región estará la presencia de esta institución la cual se encargará de otorgar los permisos para la extracción. En este punto ha de recordarse que a pesar de que los propietarios privados tienen la facilidad de disponer sobre sus plantaciones por la naturaleza del recurso necesitan una autorización y control de entes del estado¹¹.

Un tema de real importancia que se debe tocar que el sector maderero el traslado de la mercancía a los distintos puntos, la ley ha previsto que para el transporte es necesario tener permisos, el énfasis en este recae en el sentido que cada empresa madera tiene distintos giros de negocios, es decir que cada maderera se dedica a distintas cosas, entonces habiendo una pluralidad de servicios y siendo un recurso natural los árboles puede suceder que haya personas que hagan aprovechamientos de bosques del estado,

¹¹ Cfr. Perú. Congreso de la Republica 2015

entonces para tener más uniforme la situación la ley ha propuesto un mecanismo predecible y que pueda ajustarse a todas las necesidades¹².

En el sector forestal, y de acuerdo a la tendencia de la empresa los productos que se han de comercializar deben ser de origen lícito es decir que deben cumplir con los requisitos que la ley y SERFOR hayan propuesto.

1.1.4. SERFOR

Es el organismo especializado perteneciente al ministerio de agricultura (MINAGRI) que se encarga de la fiscalización, supervisión entre otras acciones en la industria forestal¹³.

Esta entidad nos brinda estadísticas de la producción maderera nivel nacional. A continuación, se muestra en la figura el porcentaje de madera serrada y las diferentes variedades que se ha transformado¹⁴.

En la Figura 1 se puede observar que la especie más extraída es tornillo con 14%, en segundo lugar, está la madera cumala con 13%, en tercer lugar, está el cedro con 8% y en cuarto lugar está el eucalipto con 6%. Se puede observar también que hay una gran variedad de especies que conforman un 39%.

SERFOR como ente fiscalizador se encarga de inspeccionar los predios privados, de comunidades y del patrimonio nacional, así mismo este da permisos de extracción y transformación forestal.

¹² Cfr. Perú. Congreso de la República 2015

¹³ Cfr. MINAGRI 2015

¹⁴ Cfr. SERFOR 2016

Figura 1: Gráfico de diferentes especies transformadas (2000-2010)
Fuente: SERFOR 2012:12

1.1.5. Descripción de la Madera Pino Radiata y Bolaina

La madera pino radiata y bolaina es una materia prima de origen vegetal considerada madera dura y ligera¹⁵. Este material se explota para diferentes fines comerciales las que pueden ser: papelería, construcción, minería, carpintería, fuentes de combustible, entre otros.

La madera pino radiata y bolaina está compuesta por tres partes importantes y son: corteza, albura y duramen, las cuales tiene relación entre sí, esta especie de árbol tiene un duramen promedio de 37% respecto a su volumen total aprovechable, cuanto mayor sea el volumen del duramen esta será potencialmente mejor como proveedor de materia prima para aserrado. Así mismo la proporción duramen/albura es un atributo de la calidad y que será importante para diferentes usos manufactureros.¹⁶

¹⁵ Cfr. Capuz Llandró 2008: 41

¹⁶ Cfr. Monteoliva y otros 2012: 53,62

Corteza.- Es la parte externa del árbol también llamada cascara constituida por tejido muerto denominado corcho o súber y en el mayor de los casos constituye un residuo sin ninguna utilidad en los aprovechamientos forestales¹⁷.

Albura.- Es la parte más clara de la troza y se ubica entre la corteza y la albura. Esta parte de la madera contiene mayor cantidad de humedad.¹⁸

Duramen.- Es la parte interna del tronco de madera y es normalmente de color oscuro y tiene menor contenido de humedad, pero es más difícil de secar. Posee mayor durabilidad que la albura y es más apreciada para el aserrado cuando esta presenta alta proporción de duramen.¹⁹

En la Figura 2, se puede observar las partes de una troza rolliza cortada perpendicularmente, se puede observar claramente que la corteza es la menor parte del tronco y es la que recubre la madera, el duramen es la que concentra la mayor parte de la pieza seguido de la albura.

Figura 2: Partes de la corteza de Madera pino radiata y bolaina
Fuente: Propia

¹⁷ Cfr. Chávez Valencia y otros 2010:5

¹⁸ Cfr. Monteoliva y otros 2012: 54

¹⁹ Cfr. Monteoliva y otros 2012: 54

1.1.6. Rendimiento de aserrío de la madera

Se refiere a la relación entre el volumen de la troza rolliza y sus productos finales, esta relación es conocida con el termino de coeficiente se aserrío “CA” o factor de recuperación de la madera “FRM”²⁰.

A continuación, se dará a conocer las fórmulas para calcular la cubicación de la madera y el rendimiento.²¹

Cubicación de la Troza rolliza.- Esta fórmula sirve para calcular el volumen aproximado de una troza rolliza, este volumen nunca va ser real debido a las deformaciones naturales que poseen los árboles²².

$$V = \frac{S_0 + S_1}{2} * L$$

Dónde:

V: volumen (m³)

L: longitud (m)

S₀: área de la sección menor de la troza (m²)

S₁: área de la sección mayor de la troza (m²)

Cubicación de la madera aserrada.- esta fórmula sirve para calcular el volumen de las tablas, listones, y bloques que se obtienen al final de la transformación y se obtiene en pies tablares la cual es una media comercial y para estandarizar se transformara a través de una equivalencia²³.

²⁰ Cfr. Acosta-Ramos y Martínez-López 2012: 9

²¹ Cfr. Acosta-Ramos y Martínez-López 2012: 9-10

²² Cfr. Acosta-Ramos y Martínez-López 2012: 9

²³ Cfr. Acosta-Ramos y Martínez-López 2012: 9

$$V_{pt} = \frac{G * A * L}{12}$$

Dónde:

V_{pt}: volumen de la tabla (pies tablares)

G: grueso (pulgadas)

A: ancho (pulgadas)

L: largo (pies)

Equivalencia: 1m³ = 424 pt

Coeficiente de aprovechamiento.- Este coeficiente nos permite conocer cuál ha sido el aprovechamiento final que se ha obtenido de la madera²⁴.

$$CA = \frac{VMA}{VMR} * 100$$

Dónde:

CA: Coeficiente de aserrado

VMA: volumen de madera aserrada (m³)

VMR: volumen de madera rolliza (m³)

Las formulas mencionadas anteriormente ayudarán a conocer el rendimiento de la madera los cuales darán porcentajes que ayudarán a cuantificar los volúmenes de madera aprovechada.

1.1.7. Factores que inciden en la calidad y rendimiento de la madera aserrada

En la industria de la madera existen factores que van a incidir directamente en la calidad del producto final, por ello para elevar la competitividad es necesario hacer un análisis

²⁴ Cfr. Acosta-Ramos y Martínez-López 2012: 9

continuo de los procesos que van a involucrar a los materiales, maquinas, mano de obra, medio ambiente, medidas y métodos. A continuación, se muestra los principales factores que van a incidir en la calidad y rendimiento de la madera.

Diámetro de las trozas. - Las diferencias en los diámetros de las trozas rollizas son las que influyen significativamente en la calidad dimensional y rendimiento del producto final. Las diferencias de diámetro en los dos extremos influenciarán en el rendimiento, cuanto mayor sea esta diferencia dimétrico menor será el rendimiento ya que el diámetro menor prevalecerá para los cortes que se harán en la madera²⁵.

Calidad de las trozas aserradas. - La calidad de la madera se puede clasificar en dos tipos: por sus atributos naturales y por la precisión de sus dimensiones²⁶. Los autores Juan Abel Nájera Luna y otros a través de un estudio afirman lo siguiente.

“Las diferencias en los espesores de la madera aserrada son las que influyen significativamente tanto en el rendimiento como en la calidad dimensional. Lo ideal para un aserradero es generar productos con lados paralelos en espesor y ancho, sin embargo, durante el proceso de aserrío ocurren anomalías que causan desviaciones conocidas como defectos de forma, que a menudo son exhibidos en el espesor de la madera y con frecuencia no son tomados en cuenta en la clasificación.”(Nájera Luna y otros 2011: 78)

Del párrafo se puede deducir una diferencia en los espesores de las tablas puede influir en productos que van a producirse a partir de estos afectando la calidad del producto final las cuales pueden dificultar su comercialización y entrar en reproceso generando menor rendimiento y mayor desperdicio.

Dentro de las conclusiones los autores Juan Abel Nájera Luna y otros dicen lo siguiente:

“Destaca la importancia de establecer mecanismos que controlen la variación del corte de la madera, mediante acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, tanto en la alineación de los elementos de corte,

²⁵ Cfr. Mastrandrea y Alberti 2009

²⁶ Cfr. Nájera Luna y otros 2011: 78

como en los mecanismos que asignen los espesores de la madera.” (Nájera Luna y otros 2011: 90)

Del párrafo se puede deducir que los mecanismos de control de calidad son importantes para controlar las variaciones de corte. Se debe dar un el mantenimiento a las maquinas donde se debe consideras las sierras de corte y guías de alineación siendo estas las que influenciarian en las medidas de los bloques aserrados.

Longitud y conicidad de las trozas.- El rendimiento de la madera se va ver afectada por la por la longitud ya que los árboles tienen diferentes diámetros a lo largo de tallo, la naturaleza de los árboles es que en las partes bajas tengan mayor diámetro y en las partes cercanas a las copas tengan menores diámetros, esto va influenciar en su rendimiento en cuanto mayor sea la longitud menor será el rendimiento porque prevalecerá el diámetro menor para los cortes²⁷.

Tipo de lote. - Existen maderas con distintos regímenes silvícolas los cuales pueden tener distintos manejos forestales, en algunos casos pueden ser intensos y permanentes, pero en otros no va a existir ningún tipo de manejo. Se estima que durante el crecimiento de los árboles el manejo forestal va a influir en su calidad de trozas aserradas y rendimiento. Los árboles con que han tenido un control permanente tendrán menos nudos, alcanzarán mayores alturas y tendrán menores deformaciones lo cual va influir en la calidad de las trozas aserradas. Otro de los tratamientos que influencia son los tratamientos contra enfermedades y plagas que va tener el árbol, un árbol con sus respectivo tratamiento va tener mejores condiciones para obtener tablas de calidad ya que las enfermedades podrían debilitar distintas partes de la troza.²⁸

²⁷ Cfr. Mastrandrea y Alberti 2009

²⁸ Cfr. Fassola y otros 2011

Fracturas. - Son aberturas o grietas que se presentan en las trozas y son un pino radiata y boliana en la industria maderera ya que altera la calidad del producto final, esto se produce por las tensiones internas que se desarrollan durante el crecimiento del árbol. En un estudio que se realizó en la variedad de *Eucalyptus Nitens* se hizo un secado de las trozas por 30 días basado en un estudio anterior que afirma que este tipo de familias de madera presenta niveles de agrietamiento extremo, lo que se corroboró con este nuevo estudio el elevado nivel de fracturas que se presenta en esta especie²⁹. A continuación, en la Figura N° 3 donde se muestra la variedad de madera pino radiata y bolaina.

Figura 3: Partes de la corteza de la madera
Fuente: Propia

Se puede observar de la figura que la variedad de *Eucalyptus Globulus Labill* es una especie que también sufre rajaduras y esto va a influenciar en la calidad del producto final, las cuales van a tener grietas o se van a producir después de los cortes.

Máquinas. - Es necesario la implementación de sistemas de control de mediciones para que se puedan identificar problemas en sus desempeños la cual debe ser una práctica elemental dentro de las madereras.

²⁹ Cfr. Valenzuela y otros 2012: 225,237

Mano de obra.- El personal que labora en este tipo de rubro debe ser calificado ya que se necesita estos conozcan las técnicas de aserrado y tengan destrezas en el manejo de las máquinas, así mismo es necesario que tengan una capacitación constante.

1.2. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing se destaca como un modelo de gestión de procesos de fabricación. Taj y Eatock definieron Lean Manufacturing como un conjunto de conceptos, principios, métodos, procedimientos y herramientas orientados a mejorar el flujo de producción mediante la reducción de desperdicios. Entre las diversas herramientas de Lean Manufacturing, se destaca el VSM (Value Stream Mapping), ya que proporciona una visión holística de los procesos de fabricación y ha sido una de las más utilizadas en el universo de aplicaciones de pensamiento Lean en empresas industriales y de servicios.³⁰

Según Rother y Shook, el VSM describe la información y el flujo del proceso, lo que permite la identificación de las fuentes de desechos y, por lo tanto, propone escenarios futuros para la mejora. McDonald y col. (2002) aplicaron VSM en un ingeniero para ordenar un sistema de producción para identificar los desechos en todas las etapas del proceso de fabricación, y así redujeron el tiempo de entrega del proceso. Seth y Gupta utilizaron VSM para reducir altos niveles de inventario y actividades que no agregan valor al proceso, y como resultado, aumentaron la productividad de un proceso en la industria automotriz. Lummus y otros aplicaron VSM en una clínica médica para reducir los tiempos de espera de los pacientes, lo que demostró que VSM puede aplicarse en

³⁰ Cfr. Helleno, A. L., de Moraes, A. J. I., & Simon, A. T. (2017). 405-416.

diferentes segmentos. VSM se puede utilizar para identificar puntos de desperdicio u oportunidades para mejorar los procesos de todas las aplicaciones.³¹

Por lo tanto, algunos estudios han integrado nuevos indicadores en VSM para ampliar el alcance del análisis. Kuhlang y otros propusieron un VSM extendido con indicadores de área y transporte. El análisis del VSM extendido propuesto por los autores permitió el desarrollo de escenarios futuros para mejorar el proceso de fabricación hacia la optimización del flujo de producción (Lean Manufacturing Concepts), el área utilizada para operaciones e inventario (Indicador de área) y las distancias y el tiempo recorrido en operaciones logísticas internas (indicador de transporte).³²

Lean Manufacturing es un concepto que apunta a una producción más sólida, más productiva y efectiva al eliminar todos los elementos de desperdicio en el proceso de fabricación. Womack y otros definieron a Lean Manufacturing como un sistema que tenía como objetivo realizar la producción con una mano de obra mínima, utilizando el área de producción mínima, consumiendo recursos mínimos, manteniendo inventarios al nivel mínimo, haciendo defectos mínimos, produciendo productos en el menor tiempo y minimizando la insatisfacción del cliente. La eliminación de los elementos de desecho es uno de los elementos más importantes para obtener los resultados máximos con los insumos mínimos en todos los procesos del proceso de Lean Manufacturing [Seth y Gupta, 2005].³³

³¹ Cfr. Helleno, A. L., de Moraes, A. J. I., & Simon, A. T. (2017). 405-416.

³² Cfr. Helleno, A. L., de Moraes, A. J. I., & Simon, A. T. (2017). 405-416.

³³ Cfr. Arslankaya, S., & Atay, H. (2015). 214-224.

Toyota especificó los 7 tipos de desechos para la Lean Manufacturing como sobreproducción, inventario, transporte, defectos, procesamiento, movimiento y espera. Algunas técnicas empleadas en las prácticas del sistema de Lean Manufacturing son Kaizen, 5S, mantenimiento productivo total, Kanban y Poke-Yoke. 5S, una de las técnicas de Lean Manufacturing y que toma su nombre de las cinco palabras japonesas que comienzan con "S", es una técnica de Lean Manufacturing que contempla la organización de un área de trabajo como limpia, ordenada y de acuerdo con el objetivo. Estas palabras son seiri = sort, seiton = orden, seison = limpieza, seiketsu = estandarización y shitsuke = disciplina.³⁴

Un aumento en la productividad, una disminución en el despilfarro, ahorro de tiempo al hacer el trabajo más rápido, un aumento en la seguridad laboral, una disminución en las averías de la máquina, un aumento en la motivación y una disminución en el costo son algunas de las ventajas de 5S para los productores. Podemos mencionar sus ventajas para los clientes como la mejora de la relación productor-cliente, la aceleración de las respuestas a las solicitudes, la satisfacción de las crecientes demandas de los clientes y el aumento de la calidad. Además, las ventajas de 5S para los empleados incluyen la creación de un entorno de trabajo más cómodo y seguro, así como el hecho de que les brinda la oportunidad de mostrar su creatividad, amplía sus perspectivas, les permite administrarse a sí mismos y les brinda una oportunidad de revisar sus hábitos. En lugar de ser una técnica específica de Lean Manufacturing, los estudios de Kaizen constituyen un enfoque que abarca cualquier mejora realizada con todas las demás técnicas. Kaizen

³⁴ Cfr. Arslankaya, S., & Atay, H. (2015). 214-224.

es un término japonés y una técnica de Lean Manufacturing que apunta a una mejora mejor o continua [Moore, 2007].³⁵

Lean Manufacturing (Lean Manufacturing) es el conjunto de prácticas destinadas a lograr la perfección en la identificación y eliminación de residuos a través de la mejora continua que fluye el producto por atracción del cliente. Estas prácticas se abarcan en una amplia gama de herramientas y técnicas: Just-in-Time, Gestión de calidad total, Mantenimiento productivo total, Kaizen, Kanban, Poka Yoke, Control estadístico de procesos y muchos otros. Lean Manufacturing es una filosofía y, por lo tanto, las prácticas no son objetos concretos, pero existen métricas o indicadores clave de rendimiento (KPI) que se utilizan para rastrear el éxito de las iniciativas Lean. Cada KPI evalúa el rendimiento de una o más prácticas, y para evaluar el rendimiento global del sistema Lean, el índice Lean (LI) se introduce como una métrica. Con el índice Lean (LI), los muchos KPI de Lean Manufacturing de un sistema se pueden comprimir en un indicador compuesto. En la literatura existente sobre modelos LI, se han establecido modelos cualitativos y cuantitativos LI. Los tipos cualitativos se basan en evaluaciones autoevaluadas y son susceptibles de sesgo. Los tipos cuantitativos, por otro lado, son más objetivos, ya que utilizan datos que se rastrean directamente con números.³⁶

Un sistema de producción típico es una compilación dinámica de varias funciones y actividades de subsistemas heterogéneas. La variación es un hecho en los sistemas de fabricación, por lo que debe considerarse en cualquier modelo que represente el sistema. Muchos de los parámetros utilizados en la evaluación ajustada, como el número de averías

³⁵ Cfr. Arslankaya, S., & Atay, H. (2015). 214-224.

³⁶ Cfr. Oleghe, O., & Salonitis, K. (2016). 608-613.

de la máquina, el número de ausentismo de los empleados y el número de sugerencias de empleados que se implementan (Kaizen), son impredecibles. Otras variables pueden definirse mediante una función de densidad de probabilidad (pdf – probability density function), a menudo una distribución normal en términos de una media, y su varianza. La distribución normal describe mejor la ocurrencia natural de una clase de parámetros de evaluación pobre, como las tasas de defectos y el tiempo de espera. Las métricas de modelado de Lean Manufacturing de acuerdo con su naturaleza estocástica se han establecido para el tiempo de ciclo, la eficacia general del equipo - OEE, el rendimiento y el cumplimiento del tiempo de entrega.³⁷

1.3.Implementación de Lean manufacturing

Se sugiere un proceso de seis etapas como guía para implementar el ciclo práctico de Lean Manufacturing. La figura 4 incluye estas etapas. También se incluyen aquellas metodologías Lean (nuevas o reevaluadas) aplicables a las actividades de producción y/o servicio. Algunas herramientas, como los métodos de cambio rápido SMED (Single Minute Exchange of Die) o TPM (Total Product Maintenance) también pueden incluirse, ya que se consideran aplicables a Lean Manufacturing.³⁸

³⁷ Cfr. Oleghe, O., & Salonitis, K. (2016). 608-613.

³⁸ Cfr. Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). 23-30.

Figura 4: Fases y metodologías en la implementación de Lean Manufacturing
Fuente: Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). 23-30.

Womack y Jones describieron el pensamiento Lean en cinco principios clave, que las empresas Lean deben seguir. El primer principio, Identificar valor, implica que las partes interesadas definen el valor en un sistema de pensamiento esbelto. Los objetivos del diseño del producto se identifican a través de la definición de valor. El valor puede incluir confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, múltiples funciones y un estilo atractivo para un producto / servicio. "El valor se expresa en términos de cómo el producto específico aborda las necesidades del cliente, a un precio específico, en un momento determinado". El segundo principio, Mapear el flujo de valor, consiste en actividades que incluyen la satisfacción del valor. La secuencia de estas actividades se conoce como flujo de valor. En este proceso, el producto debe realizar tres tareas de administración críticas: resolución de problemas, administración de información e información física. El tercer principio, Crear flujo, aclara que el flujo es el movimiento continuo del producto o servicio a través del sistema hacia el cliente. Principio cuatro, Establecer atracción se ha caracterizado por Womack y Jones como una filosofía de fabricación que debe proporcionar el producto o servicio justo cuando el cliente lo necesita, no antes ni después. Por último, el principio cinco, Buscar la perfección, es un esfuerzo constante que se esfuerza por: ³⁹

- (i) Desarraigar las actividades que no agregan valor.
- (ii) Mejorar el flujo.
- (iii) Satisfacer las necesidades de entrega del cliente.

³⁹ Cfr. Mourtzis, D., Papathanasiou, P., & Fotia, S. (2016). 198-203.

Womack y Jones, también declararon que el pensamiento esbelto no tiene límites con respecto al procedimiento de disminuir el esfuerzo, el tiempo, el espacio, el costo y los errores, al tiempo que ofrece productos que se aproximan constantemente a las necesidades del cliente.⁴⁰

Debido al alto costo de la mano de obra en los países desarrollados, varias compañías han mudado sus fábricas del mercado de costos laborales más altos a más bajos. Inspirarse en un costo de mano de obra más barato en los países en desarrollo, la naturaleza de los productos electrónicos, que es un ciclo de vida corto, impredecible, las necesidades diversificadas de los clientes, y la demanda de bajo volumen ha sido un desafío para los fabricantes de electrónica en cómo satisfacer a los clientes y obtener los mayores beneficios. En un entorno altamente competitivo y mantener las ventajas, los fabricantes de productos electrónicos han adoptado Lean Manufacturing Techniques como la clave de su éxito. Las técnicas de Lean Manufacturing son un conjunto de herramientas y métodos para eliminar los desechos en la operación de fabricación.⁴¹

Su beneficio incluye la reducción de costos, mejorar la producción y acortar el tiempo de entrega. Hay algunos objetivos: defectos y desperdicios, tiempo de entrega, inventarios, productividad, utilización de máquinas y espacios, flexibilidad, rendimiento, etc. Una herramienta eficaz en la actividad de reingeniería es el mapeo de flujo de valor. El primer paso es estudiar, observar y provocar el estado actual con el mapa de estado actual. Luego, los requisitos futuros del sistema deben describirse con el mapa de estado futuro. El

⁴⁰ Cfr. Mourtzis, D., Papathanasiou, P., & Fotia, S. (2016). 198-203.

⁴¹ Cfr. Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016). 590-595.

último es construir el plan de acción en detalle. El proceso general se muestra en la Figura 5.⁴²

Figura 5: Proceso de implementación general de Lean
Fuente: Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016). 590-595.

El desafío es cómo llenar el "vacío" entre el mapa actual y el futuro. Para ello se deben aplicar herramientas y técnicas adecuadas y efectivas para obtener la mayor efectividad. Hay algunos aspectos preocupantes sobre el diseño del espacio de trabajo, la estandarización de la operación, el balance de línea, el flujo de material, el cambio de diseño, mucha materia prima innecesaria e inventario WIP, y el cambio de mentalidad. Por lo tanto, el proceso para transformar el modelo de manufactura actual en uno de Lean Manufacturing debe desarrollarse en detalle, en el cual el progreso se divide en siete pasos

⁴² Cfr. Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016). 590-595.

con objetivos específicos como se muestra en la Figura 6. La secuencia se organiza intencionalmente para obtener la mayor efectividad.⁴³

Figura 6: Pasos del proceso sugerido
Fuente: Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016). 590-595.

1.4. Herramientas de Lean Manufacturing

Una vez que las empresas identifican las principales fuentes de despilfarros en los procesos, las herramientas Lean, por ejemplo, "5S", producción JIT (justo a tiempo), Gemba, VSM, Estandarización del trabajo, etc., guiarán a las empresas a través de actividades correctivas para eliminar los despilfarros e implementar la mejora continua.

⁴³ Cfr. Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016). 590-595.

Las herramientas dependen de la teoría y los principios Lean, y se pueden aplicar a todas las empresas del mundo con las modificaciones apropiadas.⁴⁴

Las siguientes herramientas permitirán que cualquier negocio logre propuestas continuas y valiosas para sus partes interesadas clave. Una iniciativa de Lean Manufacturing se enfoca en la reducción de costos y el aumento de la facturación al eliminar sistemática y continuamente todas las actividades sin valor agregado. En un mercado competitivo, Lean es "la solución" para las industrias manufactureras para la supervivencia y el éxito. Lean Manufacturing ayuda a las organizaciones a lograr una productividad específica mediante la introducción de técnicas y herramientas fáciles de aplicar y de mantenimiento. Su enfoque en la reducción y eliminación de despilfarros permite integrarse en la cultura de la organización y convierte cada proceso en ganancias.⁴⁵

1.4.1. Value Stream Management (VSM):

Value Stream Management (VSM) permite detectar las críticas de un proceso y mejorar su rendimiento. El VSM sigue los siguientes pasos:

- Compromiso a Lean
- Aprenda sobre Lean
- Planificación de VSM: elegir el flujo de valor a mejorar (es decir, un proceso solicitado con frecuencia)
- Mapa del estado actual (utilizando un conjunto de iconos para satisfacer las necesidades de la industria)

⁴⁴ Cfr. Mourtzis, D., Papathanasiou, P., & Fotia, S. (2016). 198-203.

⁴⁵ Cfr. Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). 1082-1089.

- Herramientas optimizadas: identificar el impacto de los residuos y establecer el objetivo para las mejoras.
- Mapa de estado futuro: enfoque en demanda, flujo y nivelación (balance de línea)
- Comparación de rendimiento
- Plan de implementación⁴⁶

Value Stream Mapping (VSM) es un método desarrollado por Rother y Shook, que permite una visión general del flujo de material desde la adquisición de materia prima hasta la expedición del producto final. Abdulmalek y Rajgopal definen VSM como un mapa para identificar desperdicios, oportunidades de mejora y qué herramientas Lean utilizar. Para aplicar la metodología VSM, se deben seguir cuatro pasos: ⁴⁷

- 1 - Selección del producto o familia de productos para usar como tema de mejora;
- 2 - Dibujar la representación del estado actual;
- 3 - Dibujar el estado futuro, sin las ineficiencias previamente señaladas. Esto se conoce como diseño de flujo de valor (VSD);
- 4 - Elaboración de un plan de trabajo para alcanzar el estado futuro.

El uso de VSM ayuda en la identificación de las fuentes de desechos, proporciona un lenguaje común para su análisis y facilita la comprensión de las conexiones del flujo de material. También es una forma efectiva de registrar los plazos de entrega, los tiempos de

⁴⁶ Cfr. Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). 23-30.

⁴⁷ Cfr. Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). 1082-1089.

configuración y otros indicadores, de una manera que permite al responsable visualizar claramente el rendimiento del sistema.⁴⁸

El tiempo Takt es la tasa de demanda y, en consecuencia, el tiempo entre la terminación de cada producto fuera de la línea de producción. Para calcular el tiempo takt, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo takt} = \frac{\text{tiempo disponibles para producción}}{\text{unidades de producción requeridas}}$$

A continuación, se observa un ejemplo de VSM actual y mejora de una empresa que produce a fabricación de redes de pesca.

1. VSM Actual

Figura 7: VSM actual

Fuente: Yang, T., Kuo, Y., Su, C. T., & Hou, C. L. (2015). 66-73.

⁴⁸ Cfr. Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). 1082-1089.

2. VSM futuro

Figura 8: VSM futuro

Fuente: Yang, T., Kuo, Y., Su, C. T., & Hou, C. L. (2015). 66-73.

Lean Manufacturing se ha aplicado con éxito en muchas industrias manufactureras. Se enfoca en la reducción de costos al eliminar la actividad que no agrega valor. En general, la espera es la actividad más común que no agrega valor. Una estrategia de producción adecuada puede reducir efectivamente el tiempo total de espera.⁴⁹

Según las pautas para implementar Lean Manufacturing, se seleccionan algunos factores de producción importantes para diseñar el VSM futuro. Mediante el diseño experimental y una herramienta de optimización de simulación, se optimizan estos factores importantes. Según el análisis basado en la simulación, el mapa de estado futuro no solo aumenta el nivel de servicio, sino que también reduce el WIP (trabajo en proceso).

⁴⁹ Cfr. Yang, T., Kuo, Y., Su, C. T., & Hou, C. L. (2015). 66-73.

En cualquier estudio de caso, los factores seleccionados se pueden cambiar a cualquier nivel sin inversión adicional. Eso significa que la compañía de casos puede implementar el mapa del estado futuro para lograr la Lean Manufacturing sin ninguna presión financiera. Este podría ser el primer paso para lograr la Lean Manufacturing. Aunque los principios Lean a menudo son genéricos, el estudio de caso propuesto rara vez se ve en la literatura y es una aplicación innovadora. A la luz de los resultados prometedores, las metodologías propuestas también son aplicables fácilmente a industrias similares.⁵⁰

1.4.2. 5S

Para mejorar la calidad percibida por los clientes, la metodología 5S en las actividades de servicio debe enfatizar su implementación en áreas con contacto con los clientes. Para una aplicación 5S exitosa en una organización de servicios, un equipo de operadores de funciones cruzadas debe considerar tanto la limpieza general (todas las actividades de oficina) como la TI.⁵¹

La herramienta Lean 5S fue desarrollada en Japón por Sakichi Toyoda, Kishiro Toyoda y Taiichi Ohno en 1960. Esta herramienta tiene como objetivo lograr un espacio de trabajo limpio y organizado para mantener un entorno organizacional sobresaliente. El método consiste en el seguimiento secuencial de cinco pasos: Seiri (Clasificar): consiste en eliminar todo lo que se considere innecesario. El lugar de trabajo solo debe tener lo necesario para realizar las actividades; Seiton (Ordenar): debe haber un lugar para todo y todo debe estar en su lugar. La identificación rápida y visual de herramientas y áreas

⁵⁰ Cfr. Yang, T., Kuo, Y., Su, C. T., & Hou, C. L. (2015). 66-73.

⁵¹ Cfr. Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). 23-30.

ahorra tiempo y facilita los procesos; Seizo (Limpiar): limpiar el espacio de trabajo es esencial. Reduce el riesgo de accidentes y ayuda en la inspección de productos; Seiketsu (Estandarizar): para optimizar las tres primeras S, se deben crear y seguir estándares; Shitsuke (Sostener): el último paso consiste en desarrollar un método para garantizar que se siga la técnica 5S. Requiere disciplina y enfoque. Por lo general, se realizan auditorías para asegurar la sostenibilidad de la metodología. 5S aporta varios beneficios a una empresa, siendo el más relevante la disminución del desperdicio de tiempo y espacio. Según Hirano, los beneficios de aplicar 5S se extienden a la calidad, la seguridad y la higiene.⁵²

Lean Manufacturing comprende un conjunto de herramientas y prácticas que, cuando se implementan de manera adecuada y completa, ayudan a mejorar el rendimiento del sistema. La herramienta Lean 5S es una de esas. Es un acrónimo de las palabras en japonés o inglés de clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener. 5S ayuda a reducir el tiempo sin valor agregado, aumentar la productividad y mejorar la calidad. Se ha utilizado en el diseño de instalaciones eficientes. Las técnicas 5S se han integrado con otras herramientas Lean para reducir el tiempo de cambio. La técnica de 5S Lean se puede resumir de la siguiente manera:⁵³

1. Clasificar: Para organizar las cosas en orden, para facilitar el almacenamiento y la recuperación.

⁵² Cfr. Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). 1082-1089.

⁵³ Cfr. Omogbai, O., & Saloniitis, K. (2017). 380-385.

2. Ordenar: para designar y etiquetar claramente dónde se debe almacenar todo.

Todo debe mantenerse en el lugar que le corresponde para eliminar la necesidad de buscar.

3. Limpiar: para mantener todo limpio y ordenado.

4. Estandarizar: para documentar los métodos de trabajo y hacer que los 5 sean parte de la cultura de la organización.

5. Sostener: Para formar un hábito de procedimientos de mejora continua. Si Lean no se ha establecido firmemente en una organización, existe la tendencia a volver a las viejas formas de hacer las cosas.

Las prácticas Lean destinadas a mejorar el sistema pueden relegarse a favor de garantizar que se procesen más productos. A continuación, se muestra la implementación sistemática, la mejora y el mantenimiento de las prácticas 5S, al tiempo que mejora el rendimiento de un sistema de fabricación.⁵⁴

⁵⁴ Cfr. Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). 380-385.

Figura 9: 5S

Fuente: Jiménez, y otros (2015). 163-172.

A continuación se muestra un ejemplo de la implementación de 5S, antes y después:

Figura 10: Antes y después de implementar 5S

Fuente: Jiménez, y otros (2015). 163-172.

Benchmark: Se logra una reducción del 30% en el tiempo de preparación de prácticas, movimientos y transferencias de residuos. ⁵⁵

1.4.3. Trabajo estandarizado

Consiste en definir los mejores métodos y secuencias para optimizar la eficiencia y minimizar el desperdicio al reducir la variación. La estandarización de los procesos de servicio debe cubrir:

- Rendimiento (conocimiento claro de la calidad prevista y el rendimiento a qué costo)
- Identificar procesos clave en la organización de servicios.
- Secuencia de pasos
- Conocimiento específico y profundo (dividir los pasos de alto nivel en pasos más detallados, resaltar lo que es importante para tener éxito en un paso dado)
- Generar procedimientos operativos estándar. ⁵⁶

El trabajo estándar es una herramienta eficiente desarrollada por Onho en los años cincuenta. Según Jang y Lee, se define como el grado de reglas y procedimientos operativos que se formalizan y ejecutan. Además, los autores sostienen que los equipos requieren autonomía para establecer un conjunto de reglas específicas que faciliten su trabajo. El método apunta a eliminar la variación e inconsistencia de los resultados al instruir a los trabajadores a ejecutar actividades de fabricación siguiendo procedimientos claramente definidos. Este objetivo se puede lograr definiendo un procedimiento óptimo

⁵⁵ Cfr. Fuente: Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & del Mar Espinosa, M. (2015). 163-172.

⁵⁶ Cfr. Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). 23-30.

y asegurando su rendimiento. No hay espacio para la improvisación. Por lo tanto, las operaciones a menudo se denominan un estándar de trabajo inflexible. También se utilizan como herramienta auxiliar de entrenamiento.⁵⁷

Beneficios: reducción de la variabilidad: el esfuerzo de trabajo se vuelve estable y medible; Reducción de costos: mediante la reducción de desechos derivada de procedimientos de trabajo ineficientes, el sistema se vuelve más rentable; Mejora de la calidad: si la misma operación se ejecutara de manera diferente según la persona, la probabilidad de defectos aumentaría; Participación del trabajador: el trabajo estándar traslada la culpa de los errores del trabajador al sistema. Mejora continua: esta herramienta es esencial para la mejora continua, ya que facilita el cambio a estándares mejorados, lo que hace que sea más fácil, más rápido y más eficiente en general.⁵⁸

La estandarización se caracteriza como la suma de acciones y medidas intercondicionales que conducen a una unificación racional de soluciones recurrentes. La estandarización es la forma en que las empresas pueden reducir sus costos (ya sean financieros o de tiempo). Es la forma en que una organización tiene como objetivo garantizar un entorno de trabajo claro, visualizado y seguro. Con la implementación adecuada de las normas, se evitan defectos en la producción y, al mismo tiempo, se constituyen procedimientos para evitar la aparición de otros errores que podrían tener un impacto en la producción. Por lo tanto, es deseable estandarizar todos los procesos llevados a cabo en el sector manufacturero.⁵⁹

⁵⁷ Cfr. Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). 1082-1089.

⁵⁸ Cfr. Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). 1082-1089.

⁵⁹ Cfr. Míkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). 329-332.

La estandarización es un elemento clave de la Lean Manufacturing. El proceso de estandarización se considera la base para la mejora continua (Kaizen). Mejorar el trabajo estandarizado es un proceso interminable. Cada mejora y cambio en el proceso de fabricación se completa con el desarrollo de estándares. Sin estándares, hay mejoras y gestión. Los estándares definen las mejores prácticas para la implementación del trabajo. El objetivo es hacer el trabajo correctamente la primera vez sin errores, sin efectos negativos en los humanos y sus alrededores. Si mejora el estándar, el nuevo estándar se convierte en la base de nuevas mejoras, etc. Los estándares se utilizan para:⁶⁰

- La reducción de la variación y la corrección de errores.
- Seguridad mejorada.
- Facilitar la comunicación.
- Problemas de visibilidad.
- Asistencia en capacitación y educación.
- Aumento de la disciplina laboral.
- Facilitando la respuesta a los desafíos.
- Aclaración de los procedimientos de trabajo.

La intención de la norma es llevar a cabo acciones sin errores, la primera vez, de manera eficiente y sin desperdicio. En los estándares se describe con precisión cómo es necesario realizar el trabajo, es decir, describe la secuencia de cada paso. La norma debe tener las siguientes características:

- Brevedad máxima: solo contiene las instrucciones necesarias para el proceso del operador.

⁶⁰ Cfr. Míkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). 329-332.

- Simplicidad y visualización, el trabajador inmediatamente encontró y entendió fácilmente las instrucciones necesarias.
- La posibilidad de cambios rápidos en los parámetros del proceso.
- Claridad que asegura que cada trabajador tenga también todas las actividades relevantes en el proceso.
- La capacidad de monitorear la implementación de estándares y su impacto en los parámetros del proceso. ⁶¹

Hay dos tipos de estándares:

1. Estándares de gestión, que son necesarios para la gestión del personal y para fines administrativos, ven aquí, por ejemplo, reglamentos administrativos
2. Estándares operativos: que analiza cómo los empleados llevan a cabo su trabajo.

Los estándares operativos son estándares de procesos visuales estructurados en el lugar de trabajo con la definición de riesgos potenciales de procesos y soluciones predefinidas para el trabajador. Los estándares en la empresa tienen la función de minimizar las tres áreas principales de debilidades, que incluyen: ⁶²

- Sobrecarga, esfuerzo (MURI),
- Desequilibrios, desviaciones (MURA),
- Pérdidas y desperdicio (MUDA).

⁶¹ Cfr. Mílkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). 329-332.

⁶² Cfr. Mílkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). 329-332.

Figura 11: Las 3 MU

Fuente: Mílkva, M y otros (2016). 329-332.

En el marco de estas áreas están utilizando diferentes métodos y herramientas. Los métodos básicos que utilizan la estandarización incluyen [1]:

- 5S.
- Estandarización de procesos.
- Gestión visual.⁶³

1.4.4. Gestión visual

Teniendo en cuenta que los procesos de servicio no son físicamente observables, la gestión visual es esencial para desarrollar estándares de trabajo y crear un entorno visual, útil como guía para las actividades del proceso. Las condiciones fuera de lo normal se destacan por una serie de técnicas visuales, como gráficos publicados en el lugar de trabajo u hojas de colores adjuntas para llamar la atención sobre su presencia. Los

⁶³ Cfr. Mílkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). 329-332.

estándares visuales claros permiten distinguir situaciones normales de situaciones anormales.⁶⁴

Según Galsworth, la gestión visual es un "entorno de trabajo que se ordena a sí mismo, se explica por sí mismo, se autorregula y se mejora a sí mismo, en el que se supone que debe suceder a tiempo, en todo momento, debido a los dispositivos visuales". Es la base de varias otras herramientas Lean, como 5S y trabajo estándar. Hall lo define como comunicación sin palabras ni voz. Consiste en la utilización de medios de comunicación rápidos e intuitivos. Existen varios sistemas de gestión visual, como paneles informativos, delimitaciones de espacios, e instrucciones de trabajo. El objetivo es capacitar a los trabajadores para gestionar su propio entorno de trabajo, reduciendo errores y otras formas de desperdicio.⁶⁵

1.4.5. Heijunka – Balance de línea

La transferibilidad de Heijunka a las actividades de servicio puede llevarse a cabo teniendo en cuenta que los servicios también pueden agruparse en familias de servicios, que se distinguen por una complejidad similar y pasos de proceso similares. Por lo tanto, el concepto de tiempo de actividad del servicio, definido como el período de tiempo para completar la ejecución de un servicio para satisfacer la demanda promedio, debe adaptarse a la naturaleza individual de cada familia.⁶⁶

⁶⁴ Cfr. Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). 23-30.

⁶⁵ Cfr. Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). 1082-1089.

⁶⁶ Cfr. Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). 23-30.

El equilibrio de línea es el procedimiento de asignación de tareas a estaciones de trabajo dentro de una línea de ensamblaje que distribuye la cantidad de trabajo de manera uniforme. Para lograr este objetivo, se deben entender los conceptos de tiempo de ciclo y tiempo de actividad. El tiempo Takt está relacionado con la demanda y su valor representa la frecuencia con la que es necesario producir un artículo. El tiempo de ciclo es la cantidad de tiempo requerida para completar un ciclo de una operación. Dado que las diferentes estaciones de trabajo suelen tener diferentes tiempos de ciclo, la frecuencia de salida del sistema corresponde al tiempo de ciclo más lento de la estación de trabajo, el cuello de botella. Para equilibrar adecuadamente una línea de ensamblaje, el esfuerzo de trabajo debe distribuirse de manera que el tiempo del ciclo sea inferior al tiempo takt. Sin embargo, la eficiencia aumenta si estas dos métricas están lo más cerca posible.⁶⁷

El objetivo de heijunka es nivelar el programa de producción a un ritmo constante. Al producir únicamente la demanda del cliente, se reducen los residuos en forma de sobreproducción. Algunas herramientas contribuyen a mejorar el Heijunka. El análisis de datos, por ejemplo, mejora la calidad del pronóstico. La planificación se estabiliza mediante el uso del historial de datos en combinación con una mejor comprensión de las necesidades del cliente a través de un análisis en profundidad del mercado. Además, se pueden utilizar nuevas herramientas de software que utilizan análisis avanzados para apoyar el proceso de planificación en sí.⁶⁸

⁶⁷ Cfr. Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). 1082-1089.

⁶⁸ Cfr. Mayr, A., Weigelt, M., Kühl, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). 622-628.

1.4.6. SMED

Lean Manufacturing dedica una atención particular a la reducción del tiempo de configuración, a fin de obtener un cambio rápido de matrices y equipos. En 1985, Shigeo Shingo introdujo su metodología, que más tarde se conocería ampliamente como Intercambio de dados de un solo minuto o cambio rápido (SMED). Esta metodología proporciona una forma rápida y eficiente de convertir un proceso de fabricación cuando el producto cambia.

La idea principal de Lean es "hacer más con menos", donde menos significa menos espacio, menos inventario, menos recursos, entre otros. La reducción del tiempo de configuración es una iniciativa clave de la Lean Manufacturing. La idea de que el tiempo de preparación podría reducirse significativamente se reconoció en 1985, cuando Shigeo Shingo desarrolló una metodología para ese propósito en Toyota. El tiempo de configuración se ha definido como el tiempo transcurrido desde la producción del último artículo de un lote de productos hasta la producción del primer artículo del siguiente lote de productos. Esta nueva definición se describe en la Figura 12.⁶⁹

⁶⁹ Cfr. Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). 1112-1119.

Figura 12: descripción del tiempo de Setup

Fuente: Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). 1112-1119.

La etapa inicial consiste en mapear todas las actividades requeridas para realizar una configuración. Esto se puede realizar mediante el uso de una grabación de video para recopilar datos de actividades y tiempos. Luego, el primer paso tenía el objetivo de identificar y separar las actividades que son internas y las que son externas. Las actividades internas y externas se definen como:⁷⁰

- Tiempo interno: es el tiempo necesario para la configuración mientras la máquina no está funcionando o no funciona.
- Tiempo externo: es el período de tiempo requerido para realizar actividades relacionadas con la configuración antes y después de llevar a cabo el período de

⁷⁰ Cfr. Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). 1112-1119.

configuración. Este paso pretendía transformar las actividades internas en externas.

El segundo paso fue concebido para simplificar aún más las actividades internas. El diseño de dispositivos, la automatización de actividades y la coordinación y sincronización de operadores son actividades comúnmente implementadas en esta etapa. Finalmente, el último paso, destinado a simplificar las actividades externas.⁷¹

Fig. 2. SMED steps diagram.

Figura 13: Diagrama de los pasos de SMED

Fuente: Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). 1112-1119.

La Figura 13 muestra estos pasos en formato de diagrama. Con respecto a la herramienta SMED, el primer paso fue filmar todas las actividades de configuración. Luego, el equipo se reunió para analizar en detalle todas las actividades. Identificaron las actividades internas que podrían ser externas, como el registro de datos, parte de la programación de la máquina y la entrega del medidor (de la configuración anterior) al departamento de control de calidad. Este cambio redujo el tiempo de configuración de 105 a 85 minutos y el número de actividades internas de 84 a 71. El siguiente paso fue la optimización de las

⁷¹ Cfr. Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). 1112-1119.

actividades internas a través de la implementación de algunas medidas, como la eliminación del transporte y el movimiento de herramientas. Ahora al alcance, identificación de las actividades que podrían realizar simultáneamente 2 operadores, etc. Al final, el tiempo requerido cambió de aproximadamente 105 minutos a 57 minutos, lo que significó una reducción del 46%.⁷²

Un aspecto fundamental de la metodología SMED se relaciona con sus características de actividades internas y externas. Todas las actividades de configuración que no interfieren directamente con el equipo, y que pueden llevarse a cabo sin interrumpir la producción, se designan como actividades externas. Las acciones que implican una interrupción en el funcionamiento del equipo se describen como actividades internas. La separación correcta de los dos es lo que contribuye fundamentalmente a una reducción en los tiempos de preparación.⁷³

La metodología SMED está formada por cuatro etapas individuales; una etapa preliminar donde las condiciones de configuración internas y externas no están diferenciadas; la primera etapa consiste en separar la configuración interna y externa; la segunda etapa donde las actividades internas se convierten en externas; y, por último, la tercera etapa se centra en racionalizar todos los aspectos de la operación de configuración. Este conjunto de procedimientos exige un monitoreo continuo de todo el proceso, que es crucial para lograr buenos resultados. Se debe registrar el método operativo resultante del resultado obtenido a través de SMED; El propósito de este registro es promover un trabajo estándar y actuar como base para la capacitación y la mejora de los equipos. Los resultados de la

⁷² Cfr. Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). 1112-1119.

⁷³ Cfr. Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). 1112-1119.

aplicación SMED radican en una mayor productividad, menos stock, mejor calidad, menor tiempo de entrega, mayor flexibilidad y tamaños de lote más pequeños. Los datos OEE se utilizan para comprender el impacto de las mejoras del equipo. Este indicador fue presentado por Nakajima, en el contexto de la Gestión de Calidad Total como un indicador clave del rendimiento del equipo / máquina. Una de las principales razones de la aplicación generalizada de OEE, entre investigadores y profesionales, es que es una medida simple pero integral de la eficiencia interna. Tres factores influyen en este indicador: la disponibilidad del equipo, su rendimiento y calidad en la producción; eso se calcula mediante la siguiente fórmula:⁷⁴

$$OEE = A \times P \times Q$$

En donde:

(A) Disponibilidad

(P) Rendimiento

(Q) Calidad

La disponibilidad se define como una relación entre el tiempo de producción planificado menos el tiempo de inactividad (averías y cambios) sobre el tiempo de producción planificado. La eficiencia del rendimiento es el tiempo de ciclo ideal multiplicado por el número de productos producidos durante el tiempo de ejecución real. La tasa de calidad es la relación entre los productos aceptados sobre el número de productos producidos. Según Muchiri y Pintelon, los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad se pueden

⁷⁴ Cfr. Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). 611-622.

calcular mediante las siguientes fórmulas, respectivamente Según Hedman, estos tres factores están influenciados por seis grandes pérdidas en la producción:

$$(A) \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de carga} - \text{Tiempo de inactividad (h)}}{\text{Tiempo de carga (h)}} \times 100$$

$$(P) \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de ciclo teórico (h)} \times \text{Salida real (u)}}{\text{Tiempo de funcionamiento (h)}} \times 100$$

$$(Q) \text{ Calidad} = \frac{\text{Piezas buenas (unidades)}}{\text{Producción total (unidades)}} \times 100$$

1.5.Estado del Arte

En esta sección se revisará conceptos relacionados a técnicas de mejora continua que se utilizarán en la implementación del proyecto, así como, casos de éxito en empresas nacionales y extranjeras.

1.5.1. Caso 1: Application of Lean Production Principles and Tools for Quality

Improvement of Production Processes in a Carton Company

Los autores Roriz, Nunes, y Sousa, (2017) en este trabajo presenta un estudio de caso industrial centrado en mejorar la calidad de los procesos de producción, utilizando herramientas de producción ajustada. El análisis de la situación inicial se realizó mediante diagramas de causa y efecto, el análisis de Pareto, el estudio de los tiempos de configuración y los indicadores de rendimiento, lo que permitió identificar los principales problemas, como los tiempos de configuración altos, la baja disponibilidad de máquinas,

la falta de organización en el área de trabajo. Se implementaron propuestas de mejora en la sección de vinculación, como la metodología SMED, la técnica 5S y la gestión visual. Como resultado se logró una reducción promedio del 47% en el tiempo de configuración, correspondiente a 10,114 € de ganancia mensual.

La metodología del estudio de caso se utiliza para responder preguntas de investigación como "cómo ocurren los eventos complejos". En este caso, se describe una PYME que decidió aplicar los principios de Lean Production y TQM a sus procesos operativos. El estudio de caso caracterizará: los procesos operativos de la empresa; la aplicación de principios y herramientas Lean y TQM; y sus resultados cuantitativos. Un investigador que realizó una pasantía durante cuatro meses en esta empresa llevó a cabo las principales actividades descritas. El proceso de producción para obtener el producto principal (cajas) se divide en seis secciones, mediante las cuales los productos pasan y experimentan cambios antes de llegar al cliente final. Estas secciones se describen a continuación:

- Diseño: crea y desarrolla la imagen que se imprimirá en la caja.
- Corte de cartón: los rollos de cartón se cortan en las dimensiones deseadas para los cartones.
- Impresión: hace la impresión en el plano de cartón.
- Vinculación: después de que los planes de cartulina pasan por la impresión, es necesario fortalecerlos. El refuerzo de los planos se realiza, pegando un plano de cartón corrugado, denominado micro.
- Cortar y doblar: da forma a la caja de acuerdo con el tipo de caja que desea el cliente. Los planos plegables se presionan contra las cuchillas de corte y plegado, utilizando un molde deseado para el cartón.

- Peeling: elimina todo el material sobrante de la caja. Por lo tanto, los operadores "pelan" manualmente los planos, dejando solo la caja lista para ensamblar.

Debido a que no había suficientes recursos para hacer un análisis detallado y una propuesta de mejora en todas las secciones mencionadas anteriormente, se decidió llevar a cabo un análisis de Pareto de las no conformidades encontradas en las diferentes secciones y, por lo tanto, seleccionar para mejorar la sección con mayor número de registros de no conformidad. Como se puede ver, la sección donde se han producido la mayoría de los defectos es la sección Vinculación, que representó aproximadamente el 60% de las no conformidades detectadas durante el año anterior.

1.5.1.1. Análisis y diagnóstico de la sección de vinculación

Para conocer el rendimiento de las máquinas, se calculó el indicador de Eficacia general del equipo (OEE). Para esto, durante 10 días consecutivos, se registraron datos de producción, como tiempo de turno, tiempo de apertura, tiempo de ciclo, cantidades producidas por máquina, número de piezas no conformes, entre otros. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. Se consideró el valor máximo para el indicador de velocidad, ya que estos datos eran difíciles de obtener, teniendo en cuenta el tipo de máquinas en la sección. Analizando los resultados obtenidos, se verifica que CC1 es el que presenta un valor de disponibilidad más bajo, porque se asignan producciones de baja cantidad a esta máquina, lo que implica varias configuraciones. En cuanto a la calidad de la producción, dado que sería difícil para los operadores inspeccionar todos los planes producidos, se pueden detectar no conformidades en las siguientes secciones. Esto hace que el indicador de calidad sea alto porque solo los operadores en esta sección identifican

y eliminan algunos planes no conformes. El hecho de que los cambios diarios de producción influyeron en la disponibilidad total de las máquinas condujo al estudio de los tiempos de configuración de las máquinas.

Tabla 2: Comparación del valor OEE de las tres máquinas con el valor de la clase mundial

Indicators	Machines			World class values
	CC1	CC2	CC3	
Availability (%)	37.3	62.1	69.5	90
Performance (%)	100	100	100	95
Quality (%)	99.4	99.9	99.7	99.9
OEE (%)	37	62	69	85

Fuente: Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017)

1.5.1.2. Cambios de órdenes de fabricación - Configuraciones

Como la empresa no tenía datos sobre los tiempos de configuración, se registró el tiempo de configuración de diez configuraciones para su posterior análisis. La Tabla 3 muestra el tiempo de configuración promedio por máquina.

Tabla 3: Tiempo promedio de Setup de las máquinas

	Machine		
	CC1	CC2	CC3
average setup time (min)	11.823	15.33	19.10

Fuente: Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017)

Observando a los operadores, fue posible identificar las operaciones necesarias para llevar a cabo durante el tiempo de parada y preparación de las máquinas para la siguiente orden de fabricación (MO). Las paradas para el cambio de MO generalmente consisten en organizar los planos litografiados restantes del MO anterior, colocar el nuevo carrete en

el eje y suministrar a la máquina los nuevos planos que se desplazarán hacia atrás. También fue posible observar que las operaciones realizadas en las configuraciones varían de acuerdo con el MO anterior, lo que significa que hay operaciones que requieren más tiempo que otras. También se verificó que las operaciones no se llevan a cabo secuencialmente por todos los operadores, es decir, la configuración no se realiza siguiendo un orden definido, sino más bien de acuerdo con la voluntad del operador y la ubicación de los materiales.

1.5.1.3.Propuestas de mejora

A continuación, se presentan algunas propuestas de mejora para los problemas encontrados en la sección de vinculación. Estas propuestas se basan en la implementación de la metodología de intercambio único de troqueles (SMED), gestión visual y técnica 5S.

1.5.1.3.1. Metodología SMED

Implementación para reducir los altos tiempos de configuración de las máquinas, se elaboró una propuesta de mejora que consiste en la implementación de la metodología SMED en la sección. La implementación se realizó para las tres máquinas, pero el desarrollo de las distintas etapas (Etapa preliminar; Etapa 1; Etapa 2; y Etapa 3) solo se presentará para CC1.

Etapa preliminar: observación y descripción de las operaciones de configuración

La primera fase de esta metodología consistió en filmar varias operaciones de configuración y, por lo tanto, fue posible identificar las innecesarias para ejecutar el

cambio de MO. Se preguntó a los operadores sobre el método que se usaba actualmente para realizar la configuración, pero solo declararon que la forma en que lo hicieron fue cómo se les enseñó, sin saber si era la forma correcta de hacerlo. La película de configuración de la máquina CC1 tiene una duración de 699 segundos, tiempo que corresponde a la duración total de la configuración. En base a esta película, se elaboró el diagrama de flujo del ejecutante de secuencia que se muestra en la Figura 14, donde es posible verificar el tiempo dedicado a cada una de las actividades que conforman la operación de configuración: operación, transporte, almacenamiento, control y espera.

Sequence Chart				Summary					
Chart 1		Sheet 1 of 1		Activity		Current Values			
Objective: To reduce the setup time of the machine under study Activity: Change manufacturing order Location: Countertop Section Operator: 1 Equipment: Scaffolding 1				Operations			453		
				Movements			246		
				Storage			0		
				Control			0		
				Waiting			0		
				Distance (m)			184,14		
				Time (s)			699		
				Symbols				Operation type	
N°	Description of Operation	Distance (m)	Time (s)						
1	Stop the machine to change MO	3,3	5	●					Internal
2	Arrange the plans that are left over from the previous MO	8,42	12	●	●				Internal
3	Record the quantity produced in the previous MO		26	●					Internal
4	Check which is the next MO	4,96	27	●					Internal
5	Cut the micro in the machine inlet	6,66	6	●					Internal
6	Remove the micro and place it on the waste pallet	6,65	12	●	●				Internal
7	Wrap the remaining bobbin and identify it	3,6	30	●					Internal
8	Lower the shaft coil		19	●					Internal
9	Pack the micro coil in the hallway	5,7	8		●				Internal
10	Search for a pallet truck	16,7	18		●				Internal
11	Find the plans and transport them to the machine	15,23	30		●				Internal
12	Arrange the pallet truck	26,6	19		●				Internal
13	Load the machine with the planes to be	36,67	217	●					Internal
14	Find the bobbin and transport it to the machine	11,4	17		●				Internal
15	Raise reel to shaft		33	●					Internal
16	Remove the 1st turn from the reel		8	●					Internal
17	Take the 1st turn to the waste pallet	7,2	4		●				Internal
18	Run the micro through the machine inlet		36	●					Internal
19	Tuning machine (wheels and suction cups)	1	15	●					Internal
20	Pass the micro through the machine rollers	0,85	31	●					Internal
21	Search for a pallet truck	13,4	79		●				Internal
22	Arrange the pallet with the contracted planes	8,1	23		●				Internal
23	Turn the machine on and remove the trash	7,7	24		●				Internal
Total		184,14	699	453	246	0	10	0	

Figura 14: Diagrama Analítico del proceso para el Setup de CC1

Fuente: Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017)

Para comprender los movimientos que realiza el operador 1, se realizó el diagrama de espagueti (Fig. 15), que muestra el camino completo realizado por el operador 1 en la configuración de la máquina CC1.

Fig. 4. Spaghetti diagram for CC1

Figura 15: Diagrama de Spaghetti para CCI
 Fuente: Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017)

Como se muestra en la Fig. 15, el Operador 1 realiza muchas operaciones de movimiento que obviamente no agregan valor al producto. Estos movimientos representan una distancia total de 184,14 metros, la mayoría de los cuales se deben a la desorganización de las tareas a realizar.

Etapa 1- Separación de la configuración interna y la configuración externa.

Las operaciones se clasifican en internas o externas, si la máquina se detiene o está en funcionamiento en el momento de la configuración, respectivamente. A través del gráfico de ejecución de secuencia realizado en la etapa anterior, se verifica que gran parte de las operaciones son internas, ya que solo la operación “Inspección de las primeras partes producidas después del cambio MO” se realiza con la máquina en funcionamiento.

Etapa 2 - Conversión de operaciones internas en operaciones externas

En esta etapa de la metodología SMED se intentó convertir las operaciones internas en externas. En la etapa preliminar, las operaciones 3, 4, 9, 11, 14 y 22 se detectaron como operables con la máquina CC1 en funcionamiento. Además, estas operaciones internas (en las máquinas CC1, CC2 y CC3) comenzaron a ser ejecutadas por otro empleado (operador A) que acumuló estas funciones con las que hizo hasta entonces. Después de que se implementaron estos cambios, junto con la información y capacitación de los operadores, se realizó una nueva filmación para evaluar los nuevos tiempos de configuración y la construcción de un nuevo diagrama de flujo de secuencia. Para la máquina CC1, se verificó una reducción del tiempo de configuración de 699 segundos a 452 segundos, lo que representa una reducción del tiempo de configuración del 35%.

Etapa 3: mejora de las operaciones de configuración

Se buscó la mejora continua de las operaciones de cambio de MO. Se mejoraron varias operaciones a través del trabajo estándar y se introdujeron cambios en la secuencia de operaciones a realizar. También se han hecho propuestas para mejorar otras operaciones en esta sección, en particular la definición de un lugar para el stand de pallets y la compra de un nuevo stand de pallets, dada su alta tasa de utilización.

1.5.1.3.2. Gestión visual y aplicación 5S

Las paletas son indispensables para el transporte y suministro de máquinas, especialmente para CC2. Siempre que los operadores carguen los planos en una paleta que se va a producir, primero deben verificar que la medida de la paleta se ajuste a la medida del plano. Para que esta operación sea lo más rápida posible, se propone identificar los pallets

utilizando la técnica de gestión visual. Por lo tanto, esta propuesta de mejora sigue los siguientes pasos:

- Realizar una encuesta de todas las medidas de paletas que existen en la sección.
- Sepa qué medidas son las más utilizadas, para eliminar de la sección aquellas que no se pueden usar.
- Dé a cada medida un color diferente.
- Pinte las paletas con el color asignado a ellas.

1.5.1.4.Resultados y discusión

Se realizará un análisis de los resultados obtenidos luego de la implementación de algunas de las propuestas de mejora presentadas.

1.5.1.4.1. Reducción de tiempo

Con la implementación de esta metodología, fue posible reducir el tiempo total de configuración de las máquinas CC1, CC2 y CC3. La Tabla 4 muestra los resultados de varios indicadores evaluados antes y después de la implementación de la metodología SMED. La reducción promedio en los tiempos de configuración de las tres máquinas es del 47%.

Tabla 4: Resultados antes y después de la implementación de la metodología SMED

Indicators	Machines					
	CC1		CC2		CC3	
	Before SMED	After SMED	Before SMED	After SMED	Before SMED	After SMED
setup time (min)	11.65	7.53	12.88	5.10	14.02	7.63
average number of setups/day	13.00	13.00	9.00	9.00	6.00	6.00
daily time spent in setup (min)	151.45	97.93	115.95	45.90	84.10	45.80
daily production time (min)	298.55	352.07	334.05	404.10	365.90	404.20
daily amount produced (plans)	16122	19012	21379	25862	21588	23848
added value (€/day)	806	951	1069	1293	1079	1192
profit (€/day)		144		224		113

Fuente: Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017)

Por lo tanto, con la reducción del tiempo de configuración, la disponibilidad de las máquinas y, por lo tanto, la cantidad diaria de planes producidos (la producción de las máquinas CC1, CC2 y CC3 se llama planes) se ha incrementado. Sabiendo que:

- El tiempo de trabajo diario es de 450 minutos (1 turno de 8 horas)
- El rendimiento de CC1 es en promedio de 54 planes por minuto
- El rendimiento de CC2 es en promedio de 64 planes por minuto
- El rendimiento de CC3 es en promedio de 59 planes por minuto
- La compañía agrega un valor de 0.05 € al producto final para cada plan producido en el proceso de vinculación, el valor agregado obtenido por las máquinas de la sección de vinculación se estima antes y después de la reducción de los tiempos de configuración. La suma de las ganancias diarias después de la reducción de los tiempos de configuración está dada por: $144 + 224 + 113 = 482 \text{ € / día}$ o $10,114 \text{ € / mes}$.

1.5.1.4.2. Reducción de la distancia total recorrida

También fue posible reducir los movimientos de los operadores en las tres máquinas (en CC1 hubo una reducción del 47%, en CC2 del 48% y en CC3 del 6%). Las distancias iniciales recorridas por los operadores se justificaron por la falta de estandarización de las operaciones y la desorganización en el área de trabajo.

1.5.2. Caso 2: Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry

Los investigadores Rohani, Jy Zahraee, (2015) seleccionaron una fábrica de colores como caso de estudio en este documento. Esta empresa es un fabricante líder de pintura industrial y para la construcción. Dado que los productos se fabrican de acuerdo con el pedido del cliente, el diseño de la fábrica se basa en el sistema de taller. La línea de producción de diferentes productos (como pintura industrial, pintura plástica, masilla de piedra y diluyente) se encuentra por separado, así como la sección de empaque y el laboratorio. Después de realizar la simulación, descubrimos que la línea de producción de pasta de pintura es un cuello de botella.

Además, hay muchas reelaboraciones durante el proceso de producción debido al control deficiente de la producción. Además, las piezas deben transferirse de una máquina a otra para completar las operaciones requeridas. Esta situación disminuye la productividad laboral y aumenta el costo de manejo de materiales. Por lo tanto, esto causa demoras en los pedidos, baja calidad, menor productividad laboral, más tiempos de espera, gran trabajo en progreso (WIP), mayor movimiento de material. Para superar estos problemas, es necesario identificar las áreas clave, que producen desechos, e identificar las operaciones de cuello de botella. La siguiente información está relacionada con la línea de producción: Turno de trabajo por día = 1, Horas de trabajo por turno = 8 horas, Tiempo disponible por turno = 480 minutos, Pausa de té por turno = 2 brotes * 10 minutos = 20 minutos, Pausa de almuerzo por turno = 60 minutos, tiempo de inactividad por turno = 0, demanda diaria total = 40.

1.5.2.1.Resultado y discusión

1.5.2.1.1. VSM: Mapa del estado actual

Toda la información sobre el mapa de estado actual se recopiló según el método sugerido por Rother y Shook. En el tema del flujo de material, la recopilación de datos comenzó en la sección de distribución y también trabajó hacia atrás para el desarrollo del estampado, recopilando datos de imágenes como niveles de catálogo antes de comenzar cada proceso, tiempos de ciclo (CT), cantidad de empleados y conversión (CO) veces. La Figura 16 demostró el mapa de posición actual que se dibujó. En esta figura, los cuadros pequeños del mapa describen la progresión y el número de cuadros es la cantidad de trabajadores en cada proceso. Además, cada proceso tiene un cuadro de datos debajo que incluye el proceso de CT, el número de turnos, la confiabilidad de la máquina (MR) y el tiempo de CO. Todos los tiempos de procesamiento e instalación están de acuerdo con la mediana de datos pasados. La línea de tiempo en la parte inferior del mapa de situación actual se muestra en la Figura 16 que hay dos elementos. El primer elemento es sobre el tiempo de espera de producción en días que se obtiene al agregar el número de tiempo de entrega de cada triángulo de inventario antes de cada proceso. Por lo tanto, el tiempo de cada triángulo de inventario se calcula separando los números de inventario en las necesidades diarias del cliente. El plazo de entrega total es de aproximadamente 8.5 días. El segundo componente de la línea de tiempo es el valor agregado o el tiempo de procesamiento, que es de aproximadamente 68 minutos. Este período se calcula sumando el tiempo de procesamiento para cada proceso en el flujo de valor. El CT para cada proceso es el CT promedio que se descubrió mediante el uso de datos reales en la empresa.

Figura 16: VSM actual

Fuente: Rohani, y Zahraee, (2015)

1.5.2.1.2. VSM: Mapa del estado futuro

En este caso, el siguiente equipo fue diseñado para implementar el mapa futuro. Balance the Line: Primero se necesita un flujo de valor para darse cuenta de que hay una línea. Uno de los problemas que causan las esperas entre los procesos son los efectos de colas. Causó crear el cuello de botella en un proceso incontrolado al recopilar trabajo. Por lo tanto, para disminuir todas estas esperas, se sugieren las siguientes técnicas: Eliminar los cuellos de botella: los cuellos de botella se identifican como tareas que requieren más tiempo para hacer y / o tienen menos activos accesibles para ellos que tomar un descanso del proceso. Con respecto al VSM actual, es obvio que las estaciones de mezclador grande y delpak tienen el mayor tiempo de ciclo con 14 y 13 minutos respectivamente, lo que hace que WIP sea antes de la estación.

El flujo continuo se aplica para producir productos usando un tamaño de lote de uno. Este es un medio de producción muy eficiente ya que no se crea inventario entre los pasos del proceso y elimina muchas formas de desperdicio. Además, se implementaron los

Kanban, flujo continuo, resultado de organización ineficaz del lugar de trabajo, reducción del entorno laboral, eliminación de pérdidas relacionadas con fallas y roturas, mejora de la calidad y seguridad del trabajo.

Los supermercados se colocan entre los procesos para reducir el desperdicio de inventario durante el proceso y para pasar el proceso de construcción a inventario para hacer un pedido. El flujo de información y comunicación entre las líneas de procesamiento mejoró al programar el marcapasos en el proceso, así como también el proceso que se convirtió de empuje a tirón por el sistema Kanban. En esta investigación hemos realizado algunas mejoras considerables. El tiempo de entrega de producción (PLT) pasó de 8.5 días a 6 días, y el tiempo de valor agregado disminuyó de 68 minutos a 37 minutos (Figura 18).

Figura 18: Estado actual vs. mejora
Fuente: Rohani, y Zahraee, (2015)

Basado en el futuro VSM, el resultado final mostró que al implementar algunas técnicas de Lean Manufacturing como 5S, método Kanban, Kaizen, etc., el Plazo de Producción (PLT) disminuyó de 8.5 días a 6 días, y el tiempo de valor agregado disminuyó de 68 minutos a 37 minutos. Se puede hacer más investigación combinando el VSM y la

simulación por computadora para evaluar factores más efectivos que tienen un efecto significativo en el rendimiento total basado en la disminución de los despilafarros.

1.5.3. Caso 3: Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry

Los autores Rosa, Silva, y Ferreira, (2017), indican que la línea de montaje sometida a estudio comprende cuatro estaciones de trabajo (Estación 1, Estación 2, Estación 3, Estación 4). Se utilizan dos subconjuntos para el ensamblaje final del producto, los subconjuntos de cable y espiral. Estos provienen de estaciones que no están en esta línea de montaje. También hay otros componentes que la empresa compra a proveedores externos: los fuelles grandes y pequeños y la caja final. El subconjunto de cables, un cable de acero, donde el primer extremo se inyecta con zamak, es producido por la máquina de fundición a presión a alta presión. El subconjunto espiral incluye el ensamblaje del tubo exterior en una estación de preparación; los extremos se sobreinyectan en la máquina de inyección de plástico. El suministro de los diversos componentes a la línea está garantizado por un estante cercano.

1.5.3.1. Mapeo de procesos

La Figura 19 ilustra el mapeo de flujo de valor, que comienza en el almacén de materiales, y normalmente dura un período de tres días. Dependiendo de las solicitudes del cliente, el sistema de control emite pedidos de producción semanales. En este caso específico, y para el año de mayor producción, uno predijo la emisión de pedidos de 56,170 partes, semanalmente. Una vez que se ha emitido la orden de fabricación, el material se saca del almacén en el estante de la línea, en cantidad suficiente para garantizar cuatro horas de producción. Después de que se hayan llevado a cabo todas las operaciones y paletización

esperadas, el producto se envía al almacén de despacho, donde permanece durante un período de 3 días hasta que se entrega al cliente.

Figura 19: VSM del estado actual

Fuente: Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017).

1.5.3.2. Identificación de problemas / oportunidades de mejora

Un análisis del VSM para la Figura 19 permite identificar los problemas descritos en la Tabla 5, que están relacionados con la línea de montaje, ya que este fue el foco de la intervención. Para cumplir con la cantidad contratada por el cliente, y durante años de gran demanda, se requiere un tiempo de contacto de 7,2 segundos / parte. Este tiempo de tachuela resulta de tres turnos por día con un tiempo de carga de 7,5 horas por turno, lo que pone a disposición 81000 segundos / día, o 405000 segundos / semana, valor que dividido por 56170 partes da como resultado un tiempo takt de 7,2 segundos / parte. Teniendo en cuenta que la efectividad general del equipo (OEE) es del 90%, esto corresponde a un ciclo de tiempo planificado de 6,5 segundos / parte. De acuerdo con los ciclos de tiempo presentados en la Tabla 2, todas las estaciones de trabajo en la línea presentaron valores significativamente más altos.

La tabla permite observar que la salida de línea esperada sería de 439 partes por hora. Sin embargo, la Tabla 5 revela que la producción real fue de aproximadamente 350 partes por hora. Esta discrepancia se explica por el hecho de que los tiempos de ciclo presentados en la Tabla solo se refieren a las operaciones cíclicas realizadas en cada estación de trabajo.

1.5.3.2.1. Primera fase: actualizaciones del equipo

La Tabla 4 presenta las mejoras realizadas a través de la actualización del equipo, cuyo propósito era eliminar las operaciones manuales y el desperdicio de cables de acero.

Tabla 5: Propuestas para actualizar los equipos en las estaciones de trabajo de la línea de ensamble

Station	Before	Upgrade	After
Station 1		Implementation of a device for the insertion of the small bellows into the steel cable group and its connection to the zamak end-fitting.
Station 2		Implementation of an automatic machine to inject grease into the cable and connect the box-end fitting.
Station 3		Following the upgrade on the high-pressure die casting machine, the steel cable was no longer trimmed on the assembly line. This resulted in one operation less and in the easy positioning of the subset to perform the remaining station tasks.
Station 4		Coupling a device on the zamak machine to break sprue.

Fuente: Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017).

Una vez concluida la actualización, se realizó un análisis detallado de los tiempos relacionados tanto con las tareas de valor agregado (proceso de ensamblaje y empaque), como con aquellas que no constituían ningún valor agregado (suministro interno a la línea, transferencia de componentes entre estaciones, control de calidad y control de producción), pero que aún persistieron en el proceso.

1.5.3.2.2. Segunda fase: eliminación / reducción de residuos

La segunda fase se centró en las oportunidades de mejora. Esto consistía en eliminar / reducir tareas sin valor agregado y que generaban desperdicios, a saber: transporte de cajas de componentes, decantación de componentes, la transferencia de componentes suministrados en cajas no adecuadas a los dispositivos de soporte en la línea, movimientos innecesarios debido a la ineficiencia en el diseño del equipo y operaciones de control de calidad de los subconjuntos suministrados a la línea. A continuación, se presenta información detallada sobre la identificación de oportunidades de mejora.

- Suministro a la línea

Colocando un estante cerca de la línea para suministrar y recoger cajas de componentes, evitando así el desplazamiento del operador al área de almacenamiento de cajas vacías.

- Decantación

Diseño de dispositivos de soporte adecuados para la línea, de modo que los componentes se puedan suministrar a la línea en sus cajas originales. Para los subconjuntos, el suministro debe restringirse a cajas que se adapten a los dispositivos de soporte existentes.

- Robustez y fiabilidad del proceso.

Extender la correa de extracción para garantizar la correcta extracción del cable de la máquina de inyección zamak.

- Movimientos innecesarios

Definir y estandarizar métodos de trabajo para operaciones que requieren mayor habilidad, especialmente aquellos relacionados con la estación de cuello de botella.

Inspecciones visuales

Rechazar subconjuntos en la línea, que no cumplen con los estándares de calidad.

1.5.3.2.3. Análisis de los resultados obtenidos

A través de la implementación de las propuestas presentadas para llevar a cabo actualizaciones en los equipos (primera fase) y la eliminación / reducción de residuos (segunda fase), se lograron los resultados presentados en la Tabla 6. Lo más notable es el aumento de la producción, de 350 partes por hora a 493, lo que corresponde a un aumento del 41%.

Tabla 6: Resultados

	Before improvements	After 1st phase	Variation (%)	After 1st and 2nd phases	Variation (%)
Operator	4	4	0	4	0
Surface occupied (m ²)	25	25	0	25	0
Output (parts/hour)	350	433	+24	493	+41
Cycle time (sec/part)	10,3	8,3	-19	7,3	-29
PPH (parts/person/hour)	87,5	108,3	+24	123,3	+41
Balance in assembly line (%)		85.8	...	88,4	+ 3

Fuente: Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017).

Debido a las actualizaciones realizadas en los equipos (primera fase), se pudo aumentar la producción de 83 piezas / hora (de 350 piezas / hora a 433 piezas / hora), lo que corresponde a un aumento de la productividad de casi el 24%. Teniendo en cuenta que la inversión realizada generó un retorno en el aumento de la producción y ahorros en cables de acero, la recuperación de esta inversión fue inferior a 4 meses. En la segunda fase, cuando la intervención se dirigió a la eliminación / reducción de residuos mediante la implementación de técnicas y herramientas LEAN, cuyos resultados se presentan en la Figura 20: hubo un aumento del 14% en la productividad. La suma total de los resultados producidos por ambas fases fue un aumento del 41%, en comparación con el valor inicial.

Figure 2. Time spent on each task before and after improvements implemented in the 2nd phase.

Figura 20: Tiempo utilizado en cada tarea antes y después de las mejoras implementadas en la segunda fase

Fuente: Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017).

Este proyecto generó un aumento de la productividad del 41% en esta línea, mediante una sola inversión. Se espera que su retorno ocurra dentro de un período de aproximadamente 4 meses. De este modo, uno podía resolver problemas para satisfacer la demanda de los clientes, así como evitar comprar una nueva línea, lo que significaba un enorme ahorro para la empresa. Simultáneamente, se minimizaban las pérdidas que representaba esta línea; A través del aumento de la producción, las cantidades ahora producidas en la línea son más cercanas a las previstas por el presupuesto. Debido a los resultados alcanzados en este proyecto, la compañía está implementando este enfoque en otras líneas en la fábrica. Por lo tanto, se debe reconocer que las herramientas Lean desempeñaron un papel importante en los resultados obtenidos, ya que dieron como resultado un enfoque sistemático, tanto en los procesos como en la participación de las personas involucradas.

2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción de la empresa

M&G Pallets SAC, inicia sus operaciones en el año 2009, a razón que la empresa de los mismos socios M&G maderera SAC, separan los rubros de fabricación de pallets o pallets y de comercialización de madera.

Se empezó en un local de 700 m² en alquiler en el distrito de Villa el Salvador, contando con una máquina re-aserradora, una cepilladora, una sierra radial y martillos para clavar. Más adelante se solicitó un financiamiento bancario para la compra de un local de 3000 m², en el distrito de Pachacamac.

Luego se vendió el primer local y se compró otro de 2525 m² en la misma zona de Pachacamác, el cual cuenta con dos hornos para secado de madera y tratamiento térmico, las mismas maquinarias, el mismo personal y el alto grado de conocimiento, buscando siempre un mejor cambio en el ambiente de la zona. Además, la empresa posee en la

zona del departamento de Ucayali 83 hectáreas de bosque, para la reforestación y buen manejo forestal de la madera.

En el 2013, como parte de la búsqueda constante de la aplicación de la mejora continua, la Gerencia de M & G PALLETS S.A.C. establece como objetivo la implementación y certificación de su Sistema de Gestión de la Calidad en base a la Norma ISO 9001:2008, con el fin de asegurar la calidad, mediante la estandarización y mejoramiento continuo de sus procesos principales con el fin de entregar un mejor servicio a sus clientes y consolidar su posición en el mercado.

2.1.1. Datos generales

RAZON SOCIAL : M&G PALLETS S.A.C

RUC : 20520770870

DIRECCION : Av. Manuel Valle KM 1.7 Lote 5

CIUDAD : LIMA

DEPARTAMENTO : LIMA

SECTOR : Otras industrias manufactureras

ACTIVIDAD ECONOMICA: Fabricación de Pallets

2.1.2. Visión

Al 2025, ser reconocidos como la empresa de mayor venta de embalaje industrial en el mercado local e internacional.

2.1.3. Misión

Ser una de las compañías líderes en la venta de embalaje industrial satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes por encima de sus expectativas, brindándoles productos

de calidad y con la excelencia en el servicio. Asimismo, se tiene como objetivo el crecimiento sostenido de la empresa y el desarrollo profesional de sus colaboradores.

2.1.4. Valores

- Nuestros colaboradores es nuestra relación duradera.
- Entendemos y respetamos a nuestros clientes y consumidores.
- La responsabilidad en los procesos es clara e individual.
- Respeto por el medioambiente.

2.1.5. Estructura Organizacional

El organigrama de la empresa se observa en la Figura 21.

Figura 21: Organigrama M&G PALLETS

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.1.6. Productos

Pallets de madera:

La pallet o parihuela es una plataforma portátil horizontal, hecha de madera, esta es usada como base para el ensamblaje, el almacenamiento, el manejo y el transporte de

mercancías y cargas, que permite manipular, agilizar y almacenar en un solo movimiento varios objetos poco manejables, pesados o voluminosos.

La madera es el material más favorable para fabricar pallets ya que está disponible en todas partes y es relativamente barato.

Dicho producto que transportan bienes entre países, generalmente necesita un tratamiento térmico o fumigación para asegurar que no haya enfermedades o plagas viviendo en la madera.

No existe una medida ya establecida (estándar) para las pallets en todo el mundo, ya que cada cliente tiene diferentes requerimientos. Pero las pallets fabricadas de mayor venta son las de 1050 mm x 1200 mm.

El tipo de madera que utilizaremos es el pino.

a) Plano, croquis o fotografía del producto

Figura 22: Parihuela de madera
Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

b) Especificaciones técnicas del producto

- Armado: 02 clavos por punto de unión entre tabla y taco.
- Total de clavos: 48

- Tipos de clavos: Clavos con resinas de 2 pulgadas y 1 1/2 pulgada aplicado con pistola neumática
- Preservado: Con tratamiento térmico SENASA
- Precio: S/ 30.00 c/u se vende por lote. La unidad lote es de 30 unidades.
- Soporta hasta 200 kg
- Altura: 11 cm aprox.
- Peso: 16 kg aprox.

2.1.7. Ventas

Las ventas han disminuido para el año 2018. En el año 2016 las ventas de las pallets de 1*1.2m fue de S/ 4,147,123.00, las ventas para el año 2017 fue de S/ 4,053,655.00 y para el año 2018 es de S/3,659,558.01, teniendo como base el año 2016, la variación de disminución para el año 2017 fue de 2.25% y para el año 2018, tuvo una variación negativa del 11.76%, con respecto al año 2016.

Figura 23: Ventas año 2016-2018
Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Por lo que, al revisar los datos históricos de las ventas, se demuestra que las ventas se han reducido en el tiempo como se muestra a continuación:

Figura 24: Ventas 2011-2018
Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

En la figura 24, se observa que los mejores años de ventas fueron desde el 2012 al 2014, reduciéndose desde el 2015 al 2018. La tendencia de ventas es negativa.

2.1.8. Participación del mercado

De acuerdo con el reporte de la FAO, como se indicó anteriormente, se pronostica una venta de 12 millones de pallets, y la empresa ha fabricado 35,268 pallets, lo cual corresponde al 0.29% de participación en el mercado de la empresa bajo estudio en la presente investigación.

2.2. Procesos de la empresa

Se presentan el análisis FODA, Cadena de Valor, y mapa de procesos de la empresa bajo estudio.

2.2.1. Análisis FODA

En la Tabla 7, se muestra las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la empresa en estudio.

Tabla 7: Matriz FODA

Matriz FODA FORTALEZAS ESTRATÉGICAS	OPORTUNIDADES ESTRATÉGICAS	AMENAZAS ESTRATÉGICAS
	1. Importante crecimiento proyectado de la economía peruana en los próximos años que permiten a los clientes potenciales tener los recursos financieros para gestionar compras.	1. Fluctuación del precio de la materia prima local.
	2. Captación de nuevos clientes.	2.Productos sustitutos que compiten con la línea (cimbras metálicas y concreto)
	3. Demanda de madera en crecimiento por el sector minero.	3.Normas escritas para instalación de madera (SERFOR)
	4. El proceso de producción de madera es menor al de cimbras metálicas.	4. Severidad de las normas para la extracción de madera (SERFOR)
	5. Participación en ferias nacionales.	5. Extinción del recurso forestal por falta de inversión.
	FORTALEZAS ESTRATÉGICAS	DEBILIDADES CRÍTICAS
	1.Experiencia y antigüedad de la industria de la madera (Know how)	1. Problemas de calidad en el producto final.
	2. Servicios diferenciados en la producción de madera y flexibilidad.	2. Bajo rendimiento de la madera (propiedades naturales, elevadas cantidades de mermas)
	3. Alto ROE.	3. Uso de maquinarias antiguas.
	4. Buena relación con los proveedores.	4. Falta de capacitación a los trabajadores.
	5. Capacidad profesional y técnica del personal con experiencia en el sector.	5. Riesgo de rotación de personal.

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.2.2. Cadena de Valor

Previamente a la revisión del mapa de procesos y flujo de producción de pallets, es importante revisar la cadena de valor, que incluye las actividades de soporte a la distribución y las actividades primarias, ejecutadas por las áreas de la empresa, como se muestra en la Figura 25.

Figura 25: Cadena de Valor

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.2.3. Mapa de Procesos

En la Figura 26 se observa el mapa de procesos de la empresa. Dentro de los procesos clave se muestran los procedimientos del proceso de producción de pallets.

Figura 26: Mapa de procesos
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.Descripción del proceso de producción

En esta sección se presenta

- El diagrama SIPOC
- Maquinarias y equipos que se utilizan para la fabricación de pallets
- El Proceso de producción de pallets, lo cual incluye:
 - El Diagrama Operativo del proceso (DOP)
 - El Diagrama de Flujo del proceso
 - El Diagrama Analítico del proceso
 - Diagrama de recorrido

2.3.1. SIPOC

El diagrama SIPOC permite describir las entradas y salidas manejadas por el área de producción, tomando como referencia el mapa de procesos que se observa en la Figura N° 27. Así mismo, este identificará los proveedores y clientes asociados al proceso de producción de parihuela.

Figura 27: SIPOC del proceso de producción de parihuela

RECURSOS						
Recursos Humanos, Tecnológicos Infraestructura Transporte						
INDICADOR DE INGRESO	PROVEEDORES	ENTRADAS	NOMBRE DEL PROCESO:	SALIDAS	CLIENTES	INDICADOR DE SALIDA
*Número de órdenes de servicio recepcionadas/ Total producido	*Área de Almacén * Área de Producción *Área de Planificación de Inventario * Área de Despacho	*Parámetros de especificidad técnica *Stock de materiales *Stock de maquinaria * Reporte de planificación de producción	"PRODUCCIÓN DE PARIHUELA"	*Parihuelas	*Empresas diversas de diferentes sectores industriales	*Satisfacción del cliente -Tiempo de atención de pedido - Número de Reclamos
			1. Controlar calidad de la materia prima 2. Realizar corte 4. Realizar cepillado 5. Realizar sellado de tacos 6. Realizar armado 7. Realizar control de calidad 8. Realizar tratamiento térmico 9. Realizar distribución			
*Fecha de recepción de O/S / Fecha de entrega			CONTROLES * Registro de entrada y salida de parihuela * Reporte de producto terminado * Reporte de calidad de producto * Reporte de distribución			*Productividad Total producido/Total programado

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.2. Maquinarias y equipos

2.3.2.1. Máquina Tableadora:

Es la máquina que se encarga de cortar la madera a lo ancho. Primero, el operario debe tomar un pedazo de madera y luego insertarla al inicio de la máquina, donde antes ha sido establecido el ancho de la madera que se requiere para la parihuela o pallet, una vez insertada la misma mueve la madera hacia la parte final donde se extrae la madera ya cortada (tablones) en las medidas requeridas. Se observa en la figura 28.

Figura 28: Máquina Tableadora.
Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.2.2. Máquina Radial:

Es la máquina que se encarga de cortar la madera a lo largo, utilizada para los tacos de la parihuela y el largo de los tablones. El operario deberá de insertar la madera en una plataforma ubicando con cuidado los lugares del corte para el largo, donde luego este jala la manga de la máquina y corta la madera por el lugar establecido. Se puede apreciar la máquina en la Figura 29 junto con los operarios en pleno proceso.

Figura 29: Máquina Radial
Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.2.3. Máquina Múltiple:

Es la máquina que se encarga de cortar a lo ancho y a la vez cepillar la madera que fue cortada a lo largo. El operario deberá insertar las medidas que se desean tener para luego ubicar la madera dentro de la máquina donde esta misma trasladara al final, en donde se podrá observar que sale la madera dividida y pulida. Se puede observar en la Figura 30.

Figura 30: Máquina Múltiple
Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.2.4. Montacargas:

El Montacargas es un aparato de elevación que sirve para realizar transporte de materiales. Consta de una plataforma que se desliza a través de guías metálicas dispuestas a cargar los materiales. En la fabricación de pallets, el operario usara el montacargas para trasladarlas de un área a otra, como en el momento en el cual las sacan del horno térmico y los llevan al área de resguardo. Lo podemos apreciar en la figura 31.

Figura 31: Montacargas
Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.2.5.Clavadora

Se denomina Clavadora a la herramienta que permite clavar una gran cantidad de clavos en poco tiempo. Esta herramienta funciona mediante electricidad. Los operarios deben usar la maquina con cascos puestos por seguridad, esta herramienta es usada en el momento de armado de las pallets, para poder unir las maderas lijadas y cortadas juntos con los tacos. Se puede observar en la Figura 32 como los operarios trabajan con la clavadora.

Figura 32: Clavadora
Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.2.6. Cámara de tratamiento térmico

Lugar donde las pallets se someten intencionalmente a una secuencia específica de tiempo y temperatura controlada (56°C) con el objetivo de secar la madera y matar alguna bacteria alojada en ella para su aplicación final. Esta obtiene el calor de la caldera gracias a los restos de madera no conforme y hace que las pallets se sequen para alejar a los insectos y hongos.

Véase Figura 33.

Figura 33: Cámara de tratamiento térmico
Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.3. Proceso de producción de pallets

Para la producción de pallets de madera se requiere como materia prima la madera de pino radiata o bolaina. Esta se encuentra en el almacén de materias primas, pasa por un estricto control de calidad (si la madera no se encuentra en buen estado es llevada al área de producto no conforme); una vez seleccionada la madera en correcto estado se procede a apilarla (el 80% de la madera seleccionada se usa para formar los tablones largos de la parihuela), y es llevada (15.3 metros) en un montacargas al área de cortado A.

Una vez instalada en el área de cortado A se mide y se corta simultáneamente a lo ancho en la máquina tableadora según la medida acordada con el cliente (los residuos son llevados al área del caldero para ser utilizados posteriormente) luego de esto un operario revisa afuera de la máquina el cortado de la madera; después de cortar a lo ancho los tablones se llevan (12 metros) a la máquina múltiple que se encuentra en el área de cortado B en donde simultáneamente dividen en tres los tablones y los pulen esta operación dura 20 minutos (los residuos son llevados al área del caldero para luego ser utilizados), luego las tablas son revisadas fuera de la máquina múltiple para verificar el correcto corte y pulido de la madera. Posteriormente la madera se traslada a la máquina radial (4 metros) para ser cortada a lo largo (los residuos son llevados al área del caldero), finalmente pasa por un control de calidad en donde se revisa los últimos cortes dados (esto ocurre fuera de la máquina).

El porcentaje restante es trasladado al área de cortado A (15.3 metros) donde se corta a lo ancho en la máquina tableadora (los residuos se trasladan al área del caldero) y se controla la calidad del corte fuera de la máquina, posteriormente es cortada y medida a lo largo a la vez en la máquina radial que se encuentra en el área de cortado B (15 metros) para formar los tacos de la parihuela que sirven como soporte de esta (se separa lo sobrante para ser

utilizado después); luego de esto, un operario revisa fuera de la máquina que el corte sea correcto.

Una vez cortada la madera en sus dos formas diferentes estas pasan al área de armado (15 metros) en donde se unen nueve tablones de madera, que son el cuerpo de la parihuela, con nueve tacos, que sirven como soporte, para darle forma. Para lograr esto, antes el operario apiló los tablones y los tacos por separado para llevarlos a esta área al mismo tiempo. Posteriormente selecciona los tablones y después realiza la misma selección con los tacos, una vez seleccionados se trasladan a la mesa de armado (5 metros) con esto se procede a clavar tres tacos de madera con una tabla de esta (clavos de 1 ½ pulgada), todo este proceso es realizado tres veces obteniéndose el cuerpo. Una vez que se tiene el cuerpo se seleccionan seis tablones de madera y se clavan al cuerpo (clavos de 2 pulgadas), luego pasan por un control de calidad fuera de la mesa de armado y con esto se da por terminado el armado de la parihuela. Previamente los dos tipos de clavos se encontraban en el almacén, fueron seleccionados para revisar su correcto estado y se trasladaron al área de armado (12 metros). Finalmente, son apiladas y trasladadas con el montacargas a la cámara de tratamiento térmico (12.5 metros) que tiene un caldero que usa como leña las sobras de madera que se juntaron en el área para darle calor a la cámara allí son secadas y se controla la temperatura de 56°C simultáneamente por 40 minutos. Las pallets se trasladan con el montacargas de la cámara de tratamiento térmico al área de resguardo (38 metros) hasta que sea enviado al cliente.

2.3.3.1. Diagrama Operativo del proceso (DOP)

En la Figuras 34, se observa el diagrama DOP del proceso de producción de parihuela.

Figura 34: DOP de producción de parihuela
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.3.2. Flujograma del proceso de servicio

En la Figura 35, se observa a través del Diagrama analítico el proceso en estudio. Cabe resaltar que, para fines del proyecto, este considera desde la recepción de la orden de servicio hasta la entrega al cliente.

Figura 35: Flujo de atención de pedidos
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.3.3. Diagrama Analítico del proceso

En la Figura 36, se muestra las actividades, tiempo y recursos del proceso de producción de cada una de las pallets, se produce cada una en 536.01 segundos, y lo ideal para empresa es de 134 segundos.

DAP	PROCESO DE PRODUCCIÓN									
Diagrama: N° 1	Hoja N° 1 de 1		RESUMEN							
Objeto: Proceso de producción parihuelas	Actividad		Pasos	%	Días					
	Operación ○		4	44%	266.4	50%				
Actividad: Proceso	Transporte ⇨		5	56%	269.6	50%				
	Espera D		0	0%	0.0	0%				
Método: Actual	Inspección □		0	0%	0.0	0%				
Oprarios: 15 con diferentes tareas	Almacenamiento ▽		0	0%	0.0	0%				
Compuesto por :	Elaborado por:		Total	9	100%					
Descripción	Cantidad op por actividad por línea	Tiempo real (segundos por unidad)	Ideal (segundos por unidad)	SIMBOLOGÍA					OBS.	
				○	⇨	D	□	▽		
Recepción de tabillas en almacén								X		
Traslado a corte	1	30.71	7.68		X					
Corte radial	1	120.12	30.03	X						
Traslado a segundo corte	1	28.32	7.08		X					
Cortadora múltiple	1	19.99	5.00	X						
Traslado a cepillado	1	59.04	14.76		X					
Cepillado (superior e inferior)	1	7.20	1.80	X						
Traslado a armado	1	61.26	15.31		X					
Armado	1	119.09	29.77	X						
Traslado a almacén de PT	1	90.28	22.57		X					
Almacenamiento								X		
TOTAL		536.01	134.00	4	5	0	0	2		

Figura 36: DAP del proceso de producción de una parihuela
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

En cuanto a la producción por lote diario, en el tiempo disponible de 6 horas de las 8 establecidas en un turno de jornada laboral para un lote de 178 pallets aproximadamente, se producen en 6.63 horas, siendo el tiempo ideal 1.66 horas, como se observa en la Figura 37:

DAP		PROCESO DE PRODUCCIÓN									
Diagrama: N° 1		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN							
Objeto: Proceso de producción parihuelas		Actividad		Pasos	%	Días	%				
		Operación ○		4	44%	3.3	50%				
Actividad: Proceso	Lote = 178 parihuelas por día	Transporte ➡		5	56%	3.3	50%				
		Espera D		0	0%	0.0	0%				
Método: Actual		Inspección □		0	0%	0.0	0%				
Oprarios:15 con diferentes tareas		Almacenamiento ▽		0	0%	0.0	0%				
Compuesto por :		Elaborado por:		Total	9	100%					
Descripción		Cantidad op por actividad por línea	Tiempo real (horas por lote)	Ideal (horas)	SIMBOLOGÍA					OBS.	
					○	➡	D	□	▽		
Recepción de tablillas en almacén									X		
Traslado a corte		2	0.38	0.09		X					
Corte radial		3	1.49	0.37	X						
Traslado a segundo corte		2	0.35	0.09		X					
Cortadora múltiple		3	0.25	0.06	X						
Traslado a cepillado		2	0.73	0.18		X					
Cepillado (superior e inferior)		2	0.09	0.02	X						
Traslado a armado		2	0.76	0.19		X					
Armado		3	1.47	0.37	X						
Traslado a almacén de PT		2	1.12	0.28		X					
Almacenamiento									X		
TOTAL			6.63	1.66	4	5	0	0	2		

Figura 37 DAP del proceso de producción de un lote de 178 pallets
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.3.3.4. Diagrama de Recorrido

En la Figura 38 se observa el recorrido del proceso de producción de parihuela y su interrelación entre áreas.

Figura 38: Diagrama de recorrido de la planta
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.4. Diagnóstico de la situación actual

2.4.1. Contexto de la problemática

2.4.1.1. PNC y devoluciones

La situación del problema se determina por el exceso de productos no conformes de pallets en producción y devoluciones por el cliente:

Tabla 8: PNC y devoluciones

Mes	Lote fabricado	PNC	% de lote fabricado	Devolución	% de lote fabricado
Enero	3,869	504	13.03%	20	0.52%
Febrero	3,084	243	7.88%	19	0.62%
Marzo	2,962	520	17.56%	13	0.44%
Abril	1,926	160	8.31%	9	0.47%
Mayo	4,304	356	8.27%	21	0.49%
Junio	2,414	336	13.92%	14	0.58%
Julio	2,430	124	5.10%	13	0.53%
Agosto	3,179	458	14.41%	14	0.44%
Septiembre	2,319	342	14.75%	10	0.43%
Octubre	3,107	293	9.43%	18	0.58%
Noviembre	2,788	213	7.64%	18	0.65%
Diciembre	2,886	247	8.56%	17	0.59%
Total	35,268	3,796	10.76%	186	0.53%

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

En la tabla 8, se observa que del total de 35,268 pallets se detectaron los productos no conformes en producción de 3,796 unidades equivalente al 10.76%, por encima del 5% ideal de la empresa, por el contrario, la devolución fue de 186 unidades equivalente al 0.53% de la fabricación. De acuerdo con los autores, Teixeira, Lopes, y Sousa, (2015) el benchmark de devoluciones es de 1.11% y en producción es del 5%, como se muestra a continuación:

Tabla 9: Benchmark

Result	Indicator	Value (1st semester 2011)	Tendency
1 Customer satisfaction	% General returns	1.11%	Improvement
		Target: 2%	
	% Unrecoverable returns	0.74%	Improvement
		Target: 3%	
	Complaints cost	€4,676,966	Improvement
		Target: €82,650.00 until the end of the year	
	Time for dealing with complaints	15 days	Got worse in the last year
		Target: 8 days	
	Semianual evaluation of satisfaction (%)	78.0%	Stabilization
		Target: 85%	
2 Nonconforming products	Evaluation of satisfaction with samples (%)	81.3%	Stabilization
		Target: 85%	
	Evaluation of satisfaction with the first order (%)	75.0%	Improvement
		Target: 85%	
	Sales volume	€5,000,000.00	Stabilization
		Target: €11,500,000.00 until the end of the year	
	Monitoring of lost customers and gain customers	Not released	Not released
	Monitoring of sold pairs	Not released	Decrease in pairs sold
	Monitoring of repairs and rework by quantity and type of defects	0.7% (total)	
	% Nonconforming product by section and type	Not released	
3 Nonconforming raw materials/components and outsourced services	% Nonconforming product in course of manufacture	5%	
	% Nonconforming product at the end of the process	0.02%	
	% Waste of dual density PU	20.0%	
	Nonconforming product of outsourced supplies	5%	Improvement

Fuente: Teixeira, Lopes, y Sousa, S. (2015). 2-21.

El tipo de falla más frecuente es el mal corte radial, identificándose 2,755 unidades del total de 3,796 unidades equivalente al 72.55% para los productos no conformes detectados en producción, en cuanto a las devoluciones es de 166 unidades del total de 186 equivalente al 89.25%, como se muestra a continuación en la tabla:

Tabla 10: PNC y devoluciones por mal corte radial

Mes	PNC en producción				Devoluciones			
	Mal corte radial	Mal corte múltiple	Mal cepillado	Mal armado	Mal corte radial	Mal corte múltiple	Mal cepillado	Mal armado
Enero	366	77	42	19	19	0	0	1
Febrero	178	36	21	8	16	0	0	3
Marzo	378	79	45	18	13	0	0	0
Abril	116	25	14	5	9	0	0	0
Mayo	257	54	30	15	19	0	0	2
Junio	243	53	30	10	13	0	0	1
Julio	90	18	10	6	11	0	0	2
Agosto	333	69	40	16	14	0	0	0
Septiembre	249	51	29	13	9	0	0	1
Octubre	213	44	25	11	16	0	0	2
Noviembre	154	34	18	7	12	0	0	6
Diciembre	178	37	21	11	15	0	0	2
Grand Total	2,755	577	325	139	166	0	0	20

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

A continuación, se presenta las causas que se dan por el tipo de falla con respecto al exceso de rechazos de los productos terminados (pallets).

Los principales motivos por lo que se rechazan los productos son:

- ***Dimensiones erróneas o faltantes:*** Es el resultado de tener productos con medidas longitudinales faltantes o con exceso y se pueden dar dentro de los tres lados que tiene un bloque, tabla o listón.
- ***Acumulación de viruta, aserrín:*** Al no limpiar el área de trabajo produce que los operarios se tropiecen o no trabajen a gusto por falta de espacio, generando productos no conformes.
- ***Producto con exceso de rajadura:*** Es la abertura que se genera en los productos mayormente en las tablas en las partes extremas.
- ***Producto Astillado:*** Son fragmentos de superficie irregular, fina alargada y puntiaguda, que se desprende de la madera y se forma al partir la madera de manera incorrecta e incompleta

- **Producto con torcedura:** Es el resultado de la liberación de tensiones y humedad de la madera lo cual trae como consecuencia un encorvado de la madera y se presenta mayormente en las piezas más delgadas como listones.
- **Producto con exceso de cascara:** Son las pequeñas cascara que han quedado en los lados de las piezas.

Al relacionar las causas y los tipos de fallas, se observa:

Tabla 11: Relación de Causas y Tipos de fallas

Causas	PNC en producción				Devoluciones				Total Mal corte radial	%
	Mal corte radial	Mal corte múltiple	Mal cepillado	Mal armado	Mal corte radial	Mal corte múltiple	Mal cepillado	Mal armado		
Dimensiones erróneas o	1,705	359	203	82	106	0	0	11	1,811	62.00%
Acumulación de viruta, aserrín	331	69	39	17	8	0	0	0	339	11.61%
Con exceso de rajadura	216	45	25	12	16	0	0	2	232	7.94%
Astillado	147	30	17	8	9	0	0	1	156	5.34%
Torcedura	116	24	13	8	12	0	0	2	128	4.38%
Con exceso de cascara	96	20	11	4	4	0	0	0	100	3.42%
Uso de otra herramienta, herramientas lejos de estación	76	15	9	4	6	0	0	1	82	2.81%
Materia prima con defectos	68	15	8	4	5	0	0	3	73	2.50%
Grand Total	2,755	577	325	139	166	0	0	20	2,921	100.00%

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

En la tabla 11, se observa que el total de 1,811 entre PNC y devoluciones se han identificado por dimensiones erróneas o faltantes por el mal corte radial, equivalente al 62% del total.

A continuación, se presentan el porcentaje acumulado por motivos de devoluciones para el período 2018.

Tabla 12: Porcentaje acumulado por motivo de PNC y devoluciones

PNC y Devoluciones			
Tipo de falla	Unidades	%	% Acum
Dimensiones erróneas o faltantes	1,811	62.00%	62.0%
Acumulación de viruta, aserrín	339	11.61%	73.6%
Con exceso de rajadura	232	7.94%	81.5%
Astillado	156	5.34%	86.9%
Torcedura	128	4.38%	91.3%
Con exceso de cascara	100	3.42%	94.7%
Uso de otra herramienta, herramientas lejos de estación	82	2.81%	97.5%
Materia prima con defectos	73	2.50%	100.0%
	2,921	100.0%	

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Figura 39: Porcentaje acumulado por motivo de devolución 2018

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

El impacto económico por los PNC es de S/299,229.37 equivalente al 8.18%, los reprocesos que los PNC generan es de S/92,479.96 equivalente al 2.53% de las ventas. En el caso de las devoluciones por los clientes, el costo de las devoluciones fue de S/19,743.65 equivalente al

0.54% de las ventas y los reprocesos que se generan son de S/1817.29 equivalente al 0.05% del total de las ventas, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13: Impacto Económico por PNC, devoluciones y sus reprocesos

Mes	Ventas		Costo		Costo PNC		Costo Devolución		Costo por reprocesos PNC	Costo reprocesos por devoluciones		
Enero	S/.	396,511.77	S/.	302,973.49	S/.	42,603.77	S/.	2,120.11	S/.	12,799.58	S/.	194.97
Febrero	S/.	317,088.59	S/.	210,811.08	S/.	15,621.94	S/.	2,033.31	S/.	7,490.19	S/.	186.44
Marzo	S/.	316,930.38	S/.	187,745.69	S/.	29,540.19	S/.	1,383.97	S/.	10,784.16	S/.	126.98
Abril	S/.	196,504.34	S/.	151,083.97	S/.	10,742.45	S/.	939.12	S/.	4,378.24	S/.	89.58
Mayo	S/.	465,417.05	S/.	334,935.20	S/.	25,190.85	S/.	2,343.26	S/.	11,377.81	S/.	204.49
Junio	S/.	251,775.99	S/.	199,727.94	S/.	29,681.07	S/.	1,433.45	S/.	7,068.31	S/.	133.28
Julio	S/.	222,301.78	S/.	187,975.78	S/.	10,882.68	S/.	1,304.51	S/.	2,333.40	S/.	122.78
Agosto	S/.	357,393.85	S/.	295,187.80	S/.	41,526.96	S/.	1,618.25	S/.	11,319.24	S/.	136.37
Septiembre	S/.	248,275.49	S/.	199,910.99	S/.	36,471.18	S/.	1,143.75	S/.	7,936.25	S/.	99.88
Octubre	S/.	324,877.93	S/.	253,128.86	S/.	23,731.32	S/.	1,831.90	S/.	7,411.58	S/.	179.35
Noviembre	S/.	275,904.45	S/.	189,018.03	S/.	12,139.14	S/.	1,969.67	S/.	4,375.95	S/.	175.94
Diciembre	S/.	286,576.39	S/.	217,096.00	S/.	21,097.82	S/.	1,622.35	S/.	5,205.24	S/.	167.21
Total	S/.	3,659,558.01	S/.	2,729,594.83	S/.	299,229.37	S/.	19,743.65	S/.	92,479.96	S/.	1,817.29
Equivalente a ventas						8.18%		0.54%		2.53%		0.05%

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

En la tabla 13, para el cálculo de los reprocesos se ha considerado el número de operarios y el costo hora hombre, así como hora máquina, el costo de PNC incluye materiales, reciclaje, tiempo que ocupa el separar, inspeccionar y decidir si es reutilizable o no, lo mismo se realiza para las devoluciones.

2.4.1.2. Desbalance de línea

El desbalance se identifica cuando el tiempo takt del proceso es menor que los tiempos de ciclo (C/T) por operario, para ello se ha elaborado el VSM (Mapa de valor) actual, como se muestra a continuación:

Figura 40: VSM Actual
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Identificación de cuellos de botella en todas las actividades del proceso, tiempo takt menor al C/T/operador

En la figura 40, se observa que el tiempo takt es de 0.0337 horas/pallet, para un lote de 178 pallets por día, con un tiempo Lead de 6.630 horas/día, en donde el tiempo disponible es de 6 horas y la demanda fabricada de 35,268 pallets. El desbalance de línea se observa gráficamente a continuación:

Figura 41: Desbalance de línea en la producción de pallets
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

El impacto económico es de S/.246,504.43, equivalente al 6.74% de las ventas, como se muestra a continuación:

Tabla 14: Impacto económico por desbalance de línea

Actividad	Tiempo - horas	op	proceso	CT/op	Tiempo takt	Demora
Traslado a corte	0.380	2	1	0.190 cuello	0.0337	0.156253
Corte radial	1.486	3	1	0.495 cuello	0.0337	0.461589
Traslado a segundo corte	0.350	2	1	0.175 cuello	0.0337	0.141484
Cortadora múltiple	0.247	3	1	0.082 cuello	0.0337	0.048751
Traslado a cepillado	0.730	2	1	0.365 cuello	0.0337	0.331436
Cepillado (superior e inferior)	0.089	2	1	0.045 cuello	0.0337	0.010845
Traslado a armado	0.758	2	1	0.379 cuello	0.0337	0.345191
Armado	1.473	3	1	0.491 cuello	0.0337	0.457349
TOTAL	6.630					1.952897
Total operarios		15				
HH	S/.	17.50				
HM	S/.	375.00				
Procesos		198				
Impacto económico por desbalance	S/.	246,504.43				
		6.74%				

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

En la tabla 14, se observa que las actividades con mayor retraso son

- Corte radial
- Armado
- Traslado a armado
- Traslado a cepillado

Por un total de 1.60 horas de los 1.95 horas calculadas, coincidente que en donde se originan los PNC y devoluciones es Corte radial.

2.4.2. Impacto Económico Total

El impacto total se resume a continuación de los cálculos de las secciones anteriores:

Tabla 15: Impacto Económico Total

Impacto económico	Total
Costo PNC	S/. 299,229.37
Costo Devoluciones	S/. 19,743.65
Costo Reprocesos por PNC y devoluciones	S/. 94,297.25
Desbalance de línea	S/. 246,504.43
Total impacto económico	S/. 659,774.70
Equivalente a las ventas	18.03%

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

El total del impacto económico es de S/659,774.70 equivalente al 18.03% de las ventas del año 2018 de S/3,659,558.01.

2.4.3. Indicadores:

Los indicadores el proceso actual son:

Indicadores	Fórmula	Actual	Unidades	Objetivo acción	Objetivo numérico
Nivel de servicio	=Fabricación real/Fabricación programada	90.28%	porcentaje	Incrementar	>= 95%
Productos no conformes	=Productos no conformes/Producción total	11.29%	porcentaje	Disminuir	<= 5%
OEE		66.56%	porcentaje	Incrementar	85.00%
Disponibilidad	= Tiempo de carga - Tiempo de inactividad (h)/Tiempo de carga (h)	75.00%	porcentaje	Incrementar	90.00%
Rendimiento	=(Tiempo de ciclo teórico (h) x Salida real (u))/(Tiempo de funcionamiento (h))	99.45%	porcentaje	Incrementar	95.00%
Calidad	=(Piezas buenas (unidades))/(Producción total (unidades))	89.24%	porcentaje	Incrementar	99.00%

Estos indicadores se utilizan como el control de sostenibilidad de la propuesta de mejora, de tal manera que se compare con los indicadores actuales y se logre tener indicadores para medir la mejora continua de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing.

2.5. Análisis de las causas

Del análisis de la situación actual de la empresa, se llegó a la conclusión que las dos principales causas de las fallas son las dimensiones erróneas y acumulación de viruta y aserrín:

Figura 42: Porcentaje acumulado por motivo de devolución 2018
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.5.1. Dimensiones erróneas o faltantes

Es el resultado de tener productos con medidas longitudinales faltantes o con exceso y se pueden dar dentro de los tres lados que tienen un bloque, tabla o listón. El operario mide de manera manual, por lo que genera las dimensiones erróneas o faltantes fuera de las tolerancias requeridas por los clientes, como se muestra a continuación:

Figura 43: Estación de trabajo de máquina o cortadora radial
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Figura 44: Medición manual de cada una de las tablillas para las pallets
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Por lo tanto, al analizar las bases de datos en cuanto a los PNC y devoluciones se ha obtenido de ella las causas como la mala medición por lo que es manual por parte del operario en 858 pallets, y la falta de personal en 572 pallets, cuando sólo había un operario en la estación de trabajo y no dos, como se observa también en la figura 44, el apuro hace cometer errores en las mediciones.

Tabla 16: Causas de dimensiones erróneas o faltantes

Causas: Dimensiones erróneas o faltantes	Unidades	%	% Acum
Mala medición	858	47.37%	47%
Apuro, falta de personal	572	31.58%	79%
Mal uso de equipo	143	7.89%	87%
Personal sin experiencia	143	7.89%	95%
Materia prima de mala calidad	95	5.26%	100%
	1,811	100.00%	

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Figura 45: Causas de dimensiones erróneas o faltantes
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Las causas de mala medición y falta de personal corresponden al 79% de las unidades PNC y devoluciones son 1,430 pallets de un total de 1,811 pallets.

2.5.2. Acumulación de viruta, aserrín

Al no limpiar el área de trabajo produce que los operarios se tropiecen o no trabajen a gusto por falta de espacio, generando productos no conformes, como se muestra a continuación:

Figura 46: Estación de trabajo de máquina o cortadora con aserrín y viruta genera PNC
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Figura 47: Acumulación de viruta en el camino entre las estaciones de trabajo
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Figura 48: Aserrín en la mesa de corte genera PNC
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Por lo tanto, al analizar las bases de datos en cuanto a los PNC y devoluciones se ha obtenido de ella las causas como la acumulación de viruta o aserrín en la estación de trabajo en 256 pallets, como se observa también en la tabla 17.

Tabla 17: Causas de acumulación de viruta, aserrín

Causas: Acumulación de viruta, aserrín	Unidades	%	% Acum
Falta de limpieza de desperdicios	265	78.13%	78%
Falta de mantenimiento de equipos (autónomo)	38	11.16%	89%
Operario sin experiencia	15	4.46%	94%
Falta de estandarización	11	3.35%	97%
Material defectuoso en el suelo sin recoger	10	2.90%	100%
	339	100.00%	

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Figura 49: Causas de acumulación de viruta, aserrín
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

La causa de falta de limpieza corresponde al 78% de las unidades PNC y devoluciones son 265 pallets de un total de 339 pallets.

2.5.3. 5M

Por lo que se analiza las 5M de acuerdo con las causas que se han detectado bajo los motivos de dimensiones erróneas y acumulación de viruta:

Tabla 18: 5M

5M	Unidades	%	% Acum
Método	1859	86.45%	86%
Mano de obra	158	7.35%	94%
Materiales	95	4.43%	98%
Maquinaria	38	1.76%	100%
Medio	0	0.00%	100%
2,150			

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Figura 50: 5M

Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

En la tabla 18 y en la figura 50, se muestra que debe enfocarse el estudio en el método para las causas de dimensiones erróneas y acumulación de viruta que generan los PNC y devoluciones, ya que representan 1859 pallets del total de 2150 equivalente al 86%.

2.5.4. Árbol de problema, causas y efecto

Por lo tanto, después del análisis de los problemas y causas se presenta el árbol de causas y efecto

Figura 51: Árbol de problemas, causas y efectos
 Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

Figura 52: Diagrama de Ishikawa
Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

2.5.5. Relación de causas y soluciones

A continuación, se muestra la vinculación entre las causas seleccionadas de acuerdo con la regla de Pareto de 80-20% y las herramientas de soluciones.

Figura 53: Vinculación de Causas y Soluciones

2.6.Hipótesis

La aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing mejora el proceso de producción en una empresa que fabrica pallets de madera disminuyendo el tiempo del proceso, reduciendo los PNC, reduciendo el tiempo de proceso y mejorando el OEE.

3. PROPUESTA DE MEJORA

En este capítulo se evaluará la mejor alternativa de solución que permitirá solucionar las principales causas que tanto afecta. Una vez justificada la mejor alternativa de solución se presentará los cambios que se tiene que hacer en el proceso de producción de pallets para lograr resultados óptimos en la rentabilidad del proyecto.

3.1. Jerarquización de criterios de selección

Se realizó un análisis con la Gerencia de Operaciones y el área de Producción, de tal manera que sea una solución que cubra las expectativas de los clientes internos y poder tener el consentimiento y compromiso del área. Para este caso se utilizará la **metodología de AHP (Analytic Hierarchy Process)**, para tener los criterios de evaluación que el área requiere. A continuación, se describe cuáles son los principales factores que preocupa al área y su definición:

1. Probabilidad de ejecución exitosa: A mayor probabilidad, mayor éxito de ejecución.
2. Fácil implementación: Dicha implementación tiene que ser sencilla pero eficaz sin caer en complejidades.
3. Retorno de inversión: La inversión que se realice para desarrollar el proyecto se debe recuperar en el menor tiempo posible.
4. Uso de recursos: La estimación de recursos, ya sea económica, humana, tecnológica u otra, tendrá que ser apropiada a los costos que genere la inversión con la finalidad de calcular el beneficio de la mejora en el tiempo.

3.2. Evaluación y Selección de la metodología

Con los puntos coordinados con la Gerencia, se determinará cuál de estos factores que tiene mayor peso para la evaluación de las propuestas de mejora. A continuación, se ha

desarrollado el proceso de AHP para la selección de la metodología, al comparar cada una de las metodologías, seleccionadas por bibliografía como:

- Six Sigma: Es un enfoque disciplinado, basado en estadísticas, en datos y una metodología de mejora continua para eliminar defectos en un producto, proceso o servicio. Si un defecto se define mediante límites de especificación que separan los resultados buenos de los malos de un proceso, entonces un proceso de Six Sigma tiene una media del proceso (promedio) que es seis desviaciones estándar del límite de especificación más cercano.
- Lean Manufacturing: Es una metodología que se enfoca en minimizar el desperdicio dentro de los sistemas de fabricación y, al mismo tiempo, maximizar la productividad. Lean Manufacturing se basa en una serie de principios específicos, como Kaizen, o la mejora continua.
- TPM: El Mantenimiento Productivo Total es un enfoque holístico para el mantenimiento de equipos que se esfuerza por lograr una producción perfecta, sin averías, sin paradas pequeñas o funcionamiento lento y sin defectos. Además, valora un entorno de trabajo seguro, sin accidentes. TPM enfatiza el mantenimiento proactivo y preventivo para maximizar la eficiencia operativa de los equipos. Desdibuja la distinción entre los roles de producción y mantenimiento al poner un fuerte énfasis en capacitar a los operadores para que ayuden a mantener sus equipos.

Después de la comparación de cada una de las metodologías por criterio identificado en la empresa, se realiza la comparación de pares y la normalización de pares, en donde se calcula el CR que debe ser menor que 0.1 para establecer que los pesos dados en la comparación de metodologías no es parcializada. El mismo proceso se realiza para los criterios. Por último, se calcula la prioridad de la metodología y del criterio:

Tabla 19: AHP – Selección de metodología

Comparación de Alternativas con Criterios				Comparación Pares			Normalización de Tabla								
Probabilidad de ejecución exitosa (PEE)															
Alternativas	SixSigma	Lean	TPM	SixSigma	Lean	TPM	SixSigma	Lean	TPM	Total	Promedio	Consistencia			
SixSigma	1.00	2.00	4.00	1.00	0.29	0.67	0.17	0.16	0.19	0.51	0.17	3.00			
Lean	7.00	1.00	9.00	3.50	1.00	1.80	0.58	0.54	0.52	1.65	0.55	3.01			
TPM	6.00	5.00	1.00	1.50	0.56	1.00	0.25	0.30	0.29	0.84	0.28	3.01			
Total				6.00	1.84	3.47									
											CI	0.00			
											RI	0.58			
											CR	0.01			
											Consistencia =>				
Fácil implementación (FI)															
Alternativas	SixSigma	Lean	TPM	SixSigma	Lean	TPM	SixSigma	Lean	TPM	Total	Promedio	Consistencia			
SixSigma	1.00	3.00	1.00	1.00	0.50	0.20	0.13	0.20	0.09	0.42	0.14	3.04			
Lean	6.00	1.00	7.00	2.00	1.00	1.00	0.25	0.40	0.45	1.10	0.37	3.09			
TPM	5.00	7.00	1.00	5.00	1.00	1.00	0.63	0.40	0.45	1.48	0.49	3.15			
Total				8.00	2.50	2.20									
											CI	0.05			
											RI	0.58			
											CR	0.08			
											Consistencia =>				
Retorno de inversión (RI)															
Alternativas	SixSigma	Lean	TPM	SixSigma	Lean	TPM	SixSigma	Lean	TPM	Total	Promedio	Consistencia			
SixSigma	1.00	5.00	6.00	1.00	0.63	1.50	0.31	0.26	0.39	0.96	0.32	3.04			
Lean	8.00	1.00	4.00	1.60	1.00	1.33	0.49	0.42	0.35	1.26	0.42	3.05			
TPM	4.00	3.00	1.00	0.67	0.75	1.00	0.20	0.32	0.26	0.78	0.26	3.03			
Total				3.27	2.38	3.83									
											CI	0.02			
											RI	0.58			
											CR	0.03			
											Consistencia =>				
Uso de recursos (UR)															
Alternativas	SixSigma	Lean	TPM	SixSigma	Lean	TPM	SixSigma	Lean	TPM	Total	Promedio	Consistencia			
SixSigma	1.00	4.00	5.00	1.00	0.57	1.00	0.27	0.25	0.30	0.81	0.27	3.01			
Lean	7.00	1.00	8.00	1.75	1.00	1.33	0.47	0.43	0.40	1.30	0.43	3.01			
TPM	5.00	6.00	1.00	1.00	0.75	1.00	0.27	0.32	0.30	0.89	0.30	3.01			
Total				3.75	2.32	3.33									
											CI	0.00			
											RI	0.58			
											CR	0.01			
											Consistencia =>				
Pesos de Criterios					Comparación de Pares				Normalización de tabla						
Criterios	PEE	FI	RI	UR	PEE	FI	RI	UR	PEE	FI	RI	UR	Total	Promedio	Consistencia
PEE	1.00	4.00	3.00	7.00	1.00	4.00	3.00	7.00	0.58	0.48	0.66	0.44	2.16	0.54	4.23
FI	1.00	1.00	1.00	3.00	0.25	1.00	0.33	3.00	0.14	0.12	0.07	0.19	0.53	0.13	4.02
RI	1.00	3.00	1.00	5.00	0.33	3.00	1.00	5.00	0.19	0.36	0.22	0.31	1.09	0.27	4.17
UR	1.00	1.00	1.00	1.00	0.14	0.33	0.20	1.00	0.08	0.04	0.04	0.06	0.23	0.06	4.06
Total					1.73	8.33	4.53	16.00							
													CI	0.04	
													RI	0.90	
													CR	0.04	
													Consistencia =>		
Prioridad con respecto a:															
Alternativa	PEE	FI	RI	UR	Objetivo										
SixSigma	0.09	0.02	0.09	0.02	0.21										
Lean	0.30	0.05	0.11	0.02	0.48										
TPM	0.15	0.06	0.07	0.02	0.30										
Totales	0.54	0.13	0.27	0.06	1.00										

Elaboración propia

En la tabla 20, se observa que la metodología seleccionada es Lean Manufacturing, priorizando el criterio de probabilidad de ejecución exitosa (PEE) de dicha metodología, y el retorno de inversión (RI).

3.3. Vinculación de la causa con la solución

A continuación, se muestra la vinculación entre las causas seleccionadas de acuerdo con la regla de Pareto de 80-20% y las herramientas de soluciones.

Figura 54: Vinculación de Causas y Soluciones

3.4. Diseño de la propuesta

3.4.1. Proceso de la implementación

Para la ejecución de la metodología se ejecutó las siguientes fases:

3.4.1.1. FASE 1: Recolección de información

La fiabilidad de los datos constituye un punto muy importante, dado que el éxito de la implantación depende de ello. Se contó con toda la información técnica sobre el producto parihuela (componentes, especificaciones, cantidades, entre otros), y el proceso (DOP, DAP, máquinas, capacidad, tiempos, entre otros). Toda la información se obtuvo de las diferentes entrevistas aplicando la técnica de juicios de expertos (equipo facilitador), asesorado por un consultor externo con experiencia en proyecto de mejora continua con aplicación LEAN.

3.4.1.2. FASE 2: Propuesta del Plan de Implementación de mejoras

En esta fase, se procedió a formular las actividades, plazos y responsables para lograr los resultados esperados. Las descripciones de las actividades de cada fase fueron definidas por el Comité de Mejora Continua: Asesor Externo, Gerente General, Gerente Comercial, Jefe de Producción, Jefe de Logística, Operario y Auxiliar de Almacén, y la participación de José Santillán.

En las Tablas 21, 22, 23 y 24 se muestran el detalle de cada etapa.

Tabla 20: Elaboración del Plan de implementación de mejoras

1	ELABORAR PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS
Objetivo	Aprobación del plan de implementación de mejoras
Actividades	Identificar las soluciones para las causas
	Establecer las fechas para la implementación
	Asignar responsables para la ejecución del plan
	Elaborar el plan de implementación de mejoras
Fechas programadas	Inicio: Marzo 2018
	Fin: Marzo 2018
Responsables	Santillán, José Alonso /Consultor Externo
	Gerente General /Gerente de Operaciones/Jefe de Producción /Jefe de Logística/Auxiliar de Almacén/Operario
Recursos Asignados	Personal: de servicios, Responsable y Jefe del Proyecto
	Equipos o máquinas: Laptop y proyector

Elaboración propia

Estas fueron propuestas en base a la experiencia de cada uno de los miembros del equipo y consultor externo en implementación Lean. Por otro lado, también se definieron los responsables para cada etapa y el tiempo de implementación (28 semanas), como se muestra en el Gantt del Anexo 18. Cabe mencionar que cada descripción de cada etapa se basó en el enfoque de mejora continua (PHVA).

Tabla 21: Descripción de las actividades para la implementación de mejora

2	IMPLEMENTAR MEJORAS
Objetivo	Implementación del proyecto
Actividades	Elaboración y actualización de procedimientos
	Charla introductoria a ejecutivos, analistas, técnicos y jefes sobre las acciones a tomar para la implementación de las mejoras. Formación de Equipo Lean
	Preparación de plan de capacitación sobre metodología a aplicar
	Análisis de actividades que no agregan valor en la ejecución del proceso de producción de pallets
	Eliminación de causas del problema identificado
	Actualización de formatos
	Estandarización de procedimientos
	Actualización y propuesta de indicadores para el proceso
Responsables	Santillán, José Alonso /Consultor Externo

	Gerente General /Gerente de Operaciones/Jefe de Producción /Jefe de Logística/Auxiliar de Almacén/Operario
Fechas programadas	Inicio: Abril 2018
	Fin: Junio 2018
Recursos	Personal: Empresa en estudio, responsables del proyecto
	Equipos o Máquinas: PC, proyector
	Salas de Reunión
	Formatos de Infopath
	SharePoint

Elaboración propia

Tabla 22: Evaluación de resultados

3	EVALUAR RESULTADOS
Objetivo	Verificar los resultados de la implementación
Actividades	* Revisión de metodología y herramientas
	* Análisis del DOP/DAP
	* Análisis del Flujo de proceso
	* Implementación de herramienta 5S's, VSM, estudio de tiempos
	* Informe de Auditorías
Responsables	Santillán, José Alonso /Consultor Externo
	Gerente General /Gerente de Operaciones/Jefe de Producción /Jefe de Logística/Auxiliar de Almacén/Operario
Fechas programadas	Inicio: junio 2018
	Fin: octubre 2018
Recursos Asignados	Personal: Empresa en estudio, responsables del proyecto
	Equipos o Máquinas: PC, proyector, cronómetro, tableros

Elaboración propia

Tabla 23: Control de resultados

4	CONTROLAR
Objetivo	Asegurar el sistema de mejora continua con la aplicación de metodología ejecutada
Actividades	Asignar responsabilidades para el control de los indicadores
	Controlar los procesos internos y la satisfacción del cliente externo
Responsables	Santillán, José Alonso /Consultor Externo
	Gerente General /Gerente de Operaciones/Jefe de Producción /Jefe de Logística/Auxiliar de Almacén/Operario
Fechas programadas	Inicio: noviembre 2018
	Fin: diciembre 2018

Recursos Asignados	Personal: Empresa en estudio, responsables del proyecto.
	Equipos o Máquinas: PC, proyector

Elaboración propia

3.4.1.3. FASE 3: Formación del equipo LEAN

En esta etapa, se conformó el equipo que tenía la responsabilidad de implementar y difundir el proyecto. La estructura organizativa se observa en la Figura 55.

Los criterios utilizados para designar el equipo LEAN es el siguiente:

- Personal con más de dos años de antigüedad en la empresa.
- Formación académica en Ingeniería Industrial, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecánica, Administrador de Empresas, Técnico de Producción o afines.
- El tamaño del equipo dependerá de la zona que se implementará el Lean: 4-6 personas por proceso. (área de producción de pallets)
- Conocimiento técnico de la metodología Lean (Ej.:5S', VSM, Kanban, entre otros)
- Haber participado en por los menos dos proyectos de mejora continua aplicando Lean.

Figura 55: Organigrama del equipo LEAN
Elaboración propia

A continuación, se describen las responsabilidades del equipo LEAN:

a. El facilitador/Asesor

- Preparar y dar capacitación.
- Informar a los líderes de equipo de lo que se necesita y apoyarlos en responder a las preguntas sobre el progreso del equipo.
- Coordinar todas las necesidades logísticas.
- Proporcionar una formación específica, según sea necesario mediante la observación del equipo.
- Supervisar el rendimiento del equipo para objetivos diarios.
- Entrenar y motivar los equipos según sea necesario.
- Ayudar en el desarrollo del informe de salida.

b. Líder de equipo

- Recoger el Kit de la implementación.
- Revisar las funciones del equipo y asignar tareas diarias.
- Participar en todas las etapas del proceso Lean.
- Preparar la presentación en asignaciones diarias y para las presentaciones finales.
- Preparar y participar el plan de seguimiento.

c. Participantes

La composición del equipo es fundamental para el éxito. Todos en la empresa deben participar para un propósito y debe reflejar lo siguiente:

- Ejecutar capacitación interna o externa.
- Brindar ideas innovadoras de rápida aplicación.
- Gestionar el aprovechamiento eficiente de la planta.

- Gestionar el mantenimiento.
- Gestionar la compra de materiales, materia prima en el momento oportuno.
- Gestionar y controlar la disponibilidad financiera.

Por otro lado, utilizando la matriz de asignación de responsabilidades (RACI) bajo el enfoque de gestión de proyectos como se muestra en la Tabla N° 29, se asignan los EDT Entregables, asignado un responsable a cada actividad descrita, utilizando 4 alternativas de participación: R = Responsable de la ejecución, A = Aprueba , C = Consultado, I = Informado.

Tabla N° 1: Matriz de Asignación de Responsabilidades del Proyecto (RACI)

Matriz de Responsabilidades							
Proyecto:	Mejora en el proceso de producción de pallets						
ID:	MR2018-001						
EDT	Producto o Entregable	Interesados (<i>Stakeholders</i>)					
		Gerente General	Gerente de Operaciones	Jefe de Producción	Jefe de Logística	Auxiliar de Almacén	Operario
1	Aprobación del plan de implementación de mejoras						
1.1	Identificar las soluciones para las causas	A	A	C	R	C	C
1.2	Establecer las fechas para la implementación	A	A	R	C	C	I
1.3	Asignar responsables para la ejecución del plan	A	A	R	C	C	I
1.4	Elaborar el plan de implementación de mejoras	A	A	I	C	I	I
2	Implementación del proyecto						
2.1	Análisis de actividades que no agregan valor al proceso de producción de pallets	I	A	R	C	C	I
2.2	Charla introductoria a ejecutivos, analistas, técnicos y jefes sobre las acciones a tomar para la implementación de las mejoras.	I	R	C	C	C	I
2.3	Elaboración y ejecución del plan de capacitación sobre metodología de mejora continua	I	R	A	C	C	I
2.4	Eliminación de causas principales del problema identificado aplicando la herramienta de matriz de valor agregado	I	I	A	R	C	I
2.5	Proponer acciones preventivas para corregir desviación del proceso	I	I	A	R	C	I
2.6	Actualización de manuales de procedimientos, formatos, indicadores e instructivos	I	I	A	R	C	I
3	Verificación de resultados						
3.1	Revisión de indicadores propuestos	I	C	A	R	C	I
3.2	Informe de Auditoría interna	I	C	A	R	C	I
4	Aseguramiento del sistema de mejora continua						
4.1	Informe de Auditoría interna	I	C	A	R	C	I
4.2	Informe de Auditoría externa	I	C	A	R	C	I
4.3	Ejecutar acciones correctivas	I	C	A	R	C	I

3.4.1.4. FASE 4: Análisis de las operaciones

Como se ha analizado la situación actual en la sección 2.4 del presente proyecto se ha indicado que los problemas son productos no conformes y devoluciones, así como el desbalance de línea en la producción de pallets, habiéndose producido 35,268 unidades, 3,796 productos no conformes identificados en producción equivalente al 10.76% y 186 unidades devueltas por los clientes, equivalente al 0.53%. El tipo de falla más frecuente es el mal corte radial, identificándose 2,755 unidades del total de 3,796 unidades equivalente al 72.55% para los productos no conformes detectados en producción, en cuanto a las devoluciones es de 166 unidades del total de 186 equivalente al 89.25%.

El total de 1,811 entre PNC y devoluciones se han identificado por dimensiones erróneas o faltantes por el mal corte radial, equivalente al 62% del total. El impacto económico por los PNC es de S/299,229.37 equivalente al 8.18%, los reprocesos que los PNC generan es de S/92,479.96 equivalente al 2.53% de las ventas. En el caso de las devoluciones por los clientes, el costo de las devoluciones fue de S/19,743.65 equivalente al 0.54% de las ventas y los reprocesos que se generan son de S/1817.29 equivalente al 0.05% del total de las ventas.

En cuanto al desbalance de línea, el tiempo takt es de 0.0337 horas/parihuela, para un lote de 178 pallets por día, con un tiempo Lead de 6.630 horas/día, en donde el tiempo disponible es de 6 horas y la demanda fabricada de 35,268 pallets. El impacto económico es de S/.246,504.43, equivalente al 6.74% de las ventas. Las actividades con mayor demora en su ejecución son:

- Corte radial
- Armado

- Traslado a armado
- Traslado a cepillado

Por un total de 1.60 horas de los 1.95 horas calculadas, coincidente que en donde se originan los PNC y devoluciones es Corte radial. El total del impacto económico es de S/.659,774.70 equivalente al 18.03% de las ventas del año 2018 de S/.3,659,558.01.

Los indicadores el proceso actual son:

Indicadores	Fórmula	Actual	Unidades	Objetivo acción	Objetivo numérico
Nivel de servicio	=Fabricación real/Fabricación programada	90.28%	porcentaje	Incrementar	>= 95%
Productos no conformes	=Productos no conformes/Producción total	11.29%	porcentaje	Disminuir	<= 5%
OEE		66.56%	porcentaje	Incrementar	85.00%
Disponibilidad	= Tiempo de carga - Tiempo de inactividad (h)/Tiempo de carga (h)	75.00%	porcentaje	Incrementar	90.00%
Rendimiento	=(Tiempo de ciclo teórico (h) x Salida real (u))/(Tiempo de funcionamiento (h))	99.45%	porcentaje	Incrementar	95.00%
Calidad	=(Piezas buenas (unidades))/(Producción total (unidades))	89.24%	porcentaje	Incrementar	99.00%

Estos indicadores se utilizan como el control de sostenibilidad de la propuesta de mejora, de tal manera que se compare con los indicadores actuales y se logre tener indicadores para medir la mejora continua de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing. Del análisis de la situación actual de la empresa, se llegó a la conclusión que las dos principales causas de las fallas son las dimensiones erróneas con 1,811 unidades rechazadas y acumulación de viruta y aserrín con 339 unidades rechazadas (PNC). Al analizar las bases de datos en cuanto a los PNC y devoluciones se ha obtenido de ella las causas como la mala medición por lo que es manual por parte del operario en 858 pallets, y la falta de personal en 572 pallets, cuando sólo había un operario en la estación de trabajo y no dos. En cuanto a la acumulación de viruta y aserrín, al analizar las bases de datos en cuanto a los PNC y devoluciones se ha obtenido de ella las causas como la acumulación de viruta o aserrín en la estación de trabajo en 256 pallets. La causa de falta de limpieza corresponde al 78% de las unidades PNC y devoluciones son 265 pallets de un total de 339 pallets.

Por lo tanto, después del análisis de los problemas y causas se presenta el árbol de causas y efecto se muestra a continuación:

Figura 56: Árbol de problemas, causas y efectos
 Elaboración propia, Fuente: M&G PALLETS S.A.C.

3.4.1.5. FASE 5: Ejecución de la propuesta de mejora

Con el propósito de solucionar las causas que generan los problemas de PNC y devoluciones en la producción de pallets, lo cual comprende las dimensiones erróneas en el área de corte radial principalmente, y la acumulación de viruta y aserrín, utilizando las herramientas de VSM y Estandarización de proceso, balance de línea y por último la herramienta de 5S para lograr la estandarización del proceso reduciendo así los PNC y devoluciones.

3.4.1.5.1. Solución: dimensiones erróneas o faltantes

Para la solución de las dimensiones erróneas o faltantes, se originan principalmente en la estación de corte radial, por la falta de estandarización del proceso, originándose principalmente por la mala medición y el apuro en el trabajo por falta de personal. Lo que indica que es la falta de estandarización de procesos la generación de PNC y devoluciones.

Para ello se utilizarán las herramientas DAP, VSM, estandarización de proceso y balance de línea de acuerdo con el Caso 1: Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company explicado en el capítulo 1, sección 1.5.1, en donde los autores Roriz, Nunes, y Sousa, llegaron a la reducción en tiempo del 35% de 699 segundos a 452 segundos, lo cual se tomará como benchmark, el al igual que en el caso 2, Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry, los investigadores Rohani, Jy Zahraee, (2015) indican que redujeron de 68 minutos a 37 minutos equivalente a 46%. En el Caso 3: Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines

for the Automotive Industry, los autores Rosa, Silva, y Ferreira, (2017), indican que se redujo el tiempo de 10.3 segundos por parte a 8.3 segundos por parte equivalente al 19%, incrementándose la producción de 350 a 433 unidades por hora equivalente al 23.71%.

Por lo tanto, se debe analizar el subproceso de corte radial para poder establecer la estandarización del proceso, indicando las actividades internas y externas del proceso. El DAP del proceso actual se muestra a continuación:

Tabla 24: DAP proceso actual

DAP		PROCESO DE PRODUCCIÓN									
Diagrama: N° 1		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN							
Objeto: Proceso de producción parihuelas		Actividad		Pasos		%		Días		%	
		Operación		4		44%		3.3		50%	
Actividad: Proceso		Transporte		5		56%		3.3		50%	
		Espera		0		0%		0.0		0%	
Método: Actual		Inspección		0		0%		0.0		0%	
Oprarios:15 con diferentes tareas		Almacenamiento		0		0%		0.0		0%	
Compuesto por :		Elaborado por:		Total		9		100%			
Descripción		Cantidad op por actividad por línea	Tiempo real (horas por lote)	Ideal (horas)	SIMBOLOGÍA					OBS.

Recepción de tablillas en almacén										X	
Traslado a corte		2	0.38	0.09		X					
Corte radial		3	1.49	0.37	X						
Traslado a segundo corte		2	0.35	0.09		X					
Cortadora múltiple		3	0.25	0.06	X						
Traslado a cepillado		2	0.73	0.18		X					
Cepillado (superior e inferior)		2	0.09	0.02	X						
Traslado a armado		2	0.76	0.19		X					
Armado		3	1.47	0.37	X						
Traslado a almacén de PT		2	1.12	0.28		X					
Almacenamiento										X	
TOTAL			6.63	1.66	4	5	0	0	2		

Elaboración propia

Los datos adicionales, por parihuela se utilizan 8 tablillas, con la producción de 178 pallets por día de 8 horas aproximadamente, siendo el total de 1,424 tablillas, como se muestra a continuación:

Tabla 25: Datos adicionales requeridos

Datos - Actual	
Aprox	8 tablillas por parihuela
Total pari	178 parihuelas por proceso
Total tabl	1424 tablillas
Actual	

Elaboración propia

Primero se identifican las actividades externas e internas. Las actividades externas se identifican las subactividades de subir tablillas a mesa por parte del operario 1, luego se mide de manera manual por el operario 2 y corta, la primera es una actividad externa y la segunda una actividad interna, el mismo operario pasa la tablilla cortada al operario 3, quien acomoda las tablillas en el piso, para que otro operario llegue con un carrito y los acomode ahí.

Las actividades externas se consideran así, por lo que se realizan por ejemplo por el operario 1, y el operario 2 debe esperar que termine dicha actividad para realizar sus actividades, y lo mismo ocurre con el operario 3, debe esperar que el operario 2 termine para ejecutar su trabajo. Por lo tanto, las actividades externas se deben convertir en internas, es decir que sea inherente a la subactividad de corte radial, es decir que mientras que el operario sólo se dedica al corte radial, se debe acomodar el trabajo del operario 1 y 3 en paralelo al corte radial, como se muestra a continuación:

Tabla 26: Análisis de actividades internas y externas

Actual			
Actividades - Corte radial	Tiempo horas	Actividad externa/interna	Cambio de proceso
Op 1 sube las tablillas a mesa	0.17	Actividad externa, por lo que el Op 2 espera que se suban las tablillas	Se debe realizar en paralelo a Corte
Op 2 mide manualmente cada una de ellas	0.79	Actividad externa de medición manual	Se debe realizar en paralelo a Corte
Op 2 corta tablillas	0.25	Actividad interna	Corte
Op 2 pasa tablillas cortadas a Op3	0.12	Actividad externa, deja la actividad de corte para pasarlo	Se debe realizar en paralelo a Corte
Op 3 recibe tablillas y arregla sobre el piso para traslado	0.16	Actividad interna	Acumulación en carrito
Total	1.49		

Elaboración propia

Al realizar los cambios en la subactividad de corte radial de tal manera que los operarios 1, 2 y 3 trabajen en paralelo y no se espere que un operario termine la ejecución de su labor para que inicie el del siguiente operario, a continuación, se muestra el cambio en el proceso:

Figura 57: Proceso actual y mejora de la subactividad de corte radial.
Elaboración propia

En la figura 57 se muestra que al reducir las esperas entre los operarios y se trabaje en paralelo, de la siguiente forma:

1. Cuando las tablillas llegan al área de corte radial, el operario que trae las tablillas las coloca sobre la mesa, el operario 1 de corte radial utilizará una plantilla con la medida de las tablillas requeridas para las pallets en producción, marcando rápidamente. De esta manera, el operario lo pasa inmediatamente por unidad al operario 2.
2. El operario 2, sólo corta y pasa a operario 3.

3. Operario 3 toma la tablilla, junta cada 8 tablillas por parihuela, colocándolo directamente en el carrito de tal manera que se transporte inmediatamente. Al eliminar la subida de las tablillas, la medición manual de las tablillas y el pase de tablillas cortadas a operario 3, se reduce de 1.49 horas a 0.41 horas equivalentes a 72.48% para el proceso de producción y la reducción de PNC de 1,811 a 498 unidades, equivalente a 72.5% como se muestra a continuación:

Figura 58: Mejora Corte radial

Mejora Actividades - Corte radial	Tiempo	Actividad externa/interna	PNC	
			Actual	Mejora
Op 1 marca medición de tablillas y pasa a Op2	0.25	Actividad interna	1811	498
Op 2 Corta y pasa a Op 3		Actividad interna		
Op 3 recibe tablillas y acumula en carrito	0.16	Actividad interna		
Total tiempo	0.41			
Equivalente a	28%	Del total de tiempo actual		
Mejora	72%			

Elaboración propia

Por lo tanto, en el DAP general se observa que se ha reducido el tiempo total de 6.63 horas a 5.55 horas, equivalente a 16.29%, comparándose a los casos de éxito 1, 2 y 3 de 35%, 46% y 19% respectivamente. Y el total de las tablillas de PNC en todo el proceso es de 3,982 PNC reduciéndose a 2,669 por la reducción de PNC en la subactividad de corte radial de 1,313, equivalente a la reducción del 33% del total de PNC lo cual equivale a la producción de 164 pallets más, incrementándose la producción de 35,268 a 36,581, equivalente a 3.72% de incremento en producción, comparándose al 23.71% indicado en el caso de éxito 3, como se muestra a continuación en el DAP de mejora:

Tabla 27: DAP después de la mejora en la actividad de Corte Radial

DAP		PROCESO DE PRODUCCIÓN									
Diagrama: N° 1		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN							
Objeto: Proceso de producción parihuelas		Actividad		Pasos		%		Días		%	
		Operación ○		4		44%		2.2		40%	
Actividad: Proceso	Lote = 178 parihuelas por día	Transporte ➡		5		56%		3.3		60%	
		Espera D		0		0%		0.0		0%	
Método: Mejora corte radial		Inspección □		0		0%		0.0		0%	
Oprarios:15 con diferentes tareas		Almacenamiento ▽		0		0%		0.0		0%	
Compuesto por :		Elaborado por :		Total		9		100%			
Descripción	Cantidad op por actividad por línea	Tiempo real (horas por lote)	Ideal (horas)	PNC		SIMBOLOGÍA					OBS.
				Actual	Mejora	○	➡	D	□	▽	
Recepción de tablillas en almacén											X
Traslado a corte	2	0.38	0.09				X				
Corte radial	3	0.41	0.37	1811	498	X					
Traslado a segundo corte	2	0.35	0.09				X				
Cortadora múltiple	3	0.25	0.06			X					
Traslado a cepillado	2	0.73	0.18				X				
Cepillado (superior e inferior)	2	0.09	0.02			X					
Traslado a armado	2	0.76	0.19				X				
Armado	3	1.47	0.37			X					
Traslado a almacén de PT	2	1.12	0.28				X				
Almacenamiento											X
TOTAL		5.55	1.66	1811	498	4	5	0	0	2	
Difirencia horas con actual		1.08	3.90		1313						

Elaboración propia

Para ello, se debe establecer el tiempo disponible de mejora, lo cual también debe comunicarse a los operarios, al implementar Lean Manufacturing, se requiere que haya reuniones de Lean todos los días por 10 minutos, uso de servicios higiénicos se calcula de 30 minutos por operarios, llamadas de emergencia 15 minutos, siendo un total de 55 minutos. Por lo tanto, el tiempo disponible es de 7.08 horas por día, como se muestra a continuación:

Tabla 28: Cálculo de tiempo disponible de mejora

Tiempo Takt	
Tiempo turno	8 horas por día
Tiempo disponible	
Actual	6 horas por día
Mejora	
Reunión diaria	10 minutos
SSH por op	30 minutos
Llamadas emergencia	15 minutos
Total	55 minutos
Total en horas	7.08 horas

Elaboración propia

El VSM después de la implementación de la mejora en la subactividad de corte radial, se muestra a continuación:

Figura 59: VSM Mejora, después de la implementación la estandarización del proceso en corte radial
Elaboración propia

En consecuencia, se vuelve aplicar la herramienta de estandarización de proceso para el proceso completo, sólo para reducir los tiempos en general y no los PNC, los que sí se vinculan directamente en la subactividad de corte radial. A continuación, se analizan las actividades internas y externas:

Tabla 29: DAP, análisis de actividades internas y externas del proceso general

DAP		PROCESO DE PRODUCCIÓN													
Diagrama: N° 1 Hoja N° 1 de 1			RESUMEN												
Objeto: Proceso de producción parihuelas			Actividad		Pasos		%		Días		%				
			Operación	○	4	44%	2.2	40%							
Actividad: Proceso	Lote = 178 parihuelas por día	Transporte	⇒	5	56%	3.3	60%								
		Espera	D	0	0%	0.0	0%								
Método: Mejora corte radial		Inspección	□	0	0%	0.0	0%								
Oprarios:15 con diferentes tareas		Almacenamiento	▽	0	0%	0.0	0%								
Compuesto por : Elaborado por:		Total		9	100%										
Descripción	Cantidad op por actividad por línea	Tiempo real (horas por lote)	Ideal (horas)	Unidades que deben fabricarse	PNC		SIMBOLOGÍA					OBS.	Cambio SMED		
					Actual	Mejora	○	⇒	D	□	▽				
Recepción de tablillas en almacén				178							X				
Traslado a corte	2	0.38	0.09	178				X				Actividad externa	Debe convertirse en actividad interna a la par de las actividades internas como corte		
Corte radial	3	0.41	0.37	178	1811	498	X					Actividad interna	Permanece actividad interna		
Traslado a segundo corte	2	0.35	0.09	178				X				Actividad externa	Debe convertirse en actividad interna a la par de las actividades internas como corte		
Cortadora múltiple	3	0.25	0.06	178			X					Actividad interna	Permanece actividad interna		
Traslado a cepillado	2	0.73	0.18	178				X				Actividad externa	Debe convertirse en actividad interna a la par de las actividades internas como corte		
Cepillado (superior e inferior)	2	0.09	0.02	178			X					Actividad interna	Permanece actividad interna		
Traslado a armado	2	0.76	0.19	178				X				Actividad externa	Debe convertirse en actividad interna a la par de las actividades internas como corte		
Armado	3	1.47	0.37	178			X					Actividad interna	Permanece actividad interna		
Traslado a almacén de PT	2	1.12	0.28	178				X				Actividad externa	Debe convertirse en actividad interna a la par de las actividades internas como corte		
Almacenamiento				178							X	Actividad interna	Permanece actividad interna		
TOTAL			5.55	1.66		1811	498	4	5	0	0	2			
Diferencia horas			1.08	3.90			1313								

Elaboración propia

Como se tabla 30, se ha clasificado las actividades internas y externas, identificándose las actividades externas como los traslados, por lo que se mueven las tablillas en cantidades grandes hacia la nueva actividad, por lo que dicha actividad debe esperar que termine completamente corte para continuar, y así los operarios laboren en otras áreas durante el proceso, por lo que en el cambio se muestra a continuación:

Figura 60: Proceso actual y de mejora al implementar la estandarización de proceso
Elaboración propia

Se cambia los traslados a actividades internas, es decir que mientras se realizan cortes, los operarios toman el mini lote de 36 pallets, es decir, se transporta cada 288 tablillas de actividad en actividad, de tal forma que los traslados se incluyen en el proceso pasando de externo a interno, los operarios que se dedican al traslado van y vienen de un área a otra 5 veces, por lo que los tiempos de los traslados se consideran dentro de los tiempos de las actividades de producción. Por lo tanto, el nuevo DAP es:

Tabla 30: DAP de mejora después de aplicar la estandarización de proceso al proceso general

DAP		PROCESO DE PRODUCCIÓN															
Diagrama: N° 1		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN													
Objeto: Proceso de producción parihuelas				Actividad		Pasos								Días		%	
				Operación	○	4	44%	2.2	100%								
Actividad: Proceso		Lote = 178 parihuelas por día		Transporte	⇒	5	56%	0.0	0%								
				Espera	D	0	0%	0.0	0%								
Método: Mejora				Inspección	□	0	0%	0.0	0%								
Oprarios:15 con diferentes tareas				Almacenamiento	▽	0	0%	0.0	0%								
Compuesto por :		Elaborado por:		Total		9	100%										
Descripción			Cantidad op por actividad por línea	Tiempo real (horas por lote)	Ideal (horas)	Unidades que deben fabricarse	PNC		SIMBOLOGÍA					OBS.			
							Actual	Mejora	○	⇒	D	□	▽				
Recepción de tablillas en almacén						178							X				
Traslado a corte			2		0.09	178				X				Actividad interna			
Corte radial			3	0.41	0.37	178	1811	498	X					Actividad interna			
Traslado a segundo corte			2		0.09	178				X				Actividad interna			
Cortadora múltiple			3	0.25	0.06	178			X					Actividad interna			
Traslado a cepillado			2		0.18	178				X				Actividad interna			
Cepillado (superior e inferior)			2	0.09	0.02	178			X					Actividad interna			
Traslado a armado			2		0.19	178				X				Actividad interna			
Armado			3	1.47	0.37	178			X					Actividad interna			
Traslado a almacén de PT			2		0.28	178				X				Actividad interna			
Almacenamiento						178							X	Actividad interna			
TOTAL				2.22	1.66		1811	498	4	5	0	0	2				
Diferencia horas				4.41	0.56			1313									

Elaboración propia

En la tabla 31, se observa que el tiempo se redujo de 5.55 a 2.22 horas, y los PNC permanecen en 498 PNC, el VSM de mejora es:

Figura 61: VSM de mejora del proceso de producción
Elaboración propia

En la figura 61 se muestra que, se han reducido los cuellos de botella permaneciendo en el área de armado. Por el cambio de la forma de trabajo, se asume que el tiempo disponible de 7.08 horas ya no es sólo para todo el proceso sino para cada una de las actividades, por lo que se considera 29 horas diarias de tiempo disponible entre 178 pallets, el tiempo takt es de 0.1629, incrementándose de 0.0398 horas/parihuela.

Tabla 31: Datos adicionales para el proceso de mejora de producción

Tiempo turno	8 horas por día	
Tiempo disponible Actual	6 horas por día	
Mejora		
Reunión diaria	10 minutos	
SSH por op	20 minutos	
Llamadas emergencia	15 minutos	
Total	45 minutos	0.75
Total en horas	7.25 horas	
Sin embargo la disponibilidad de 7.25 horas se da para cada actividad ya que se trabajan en paralelo y tiene operarios sólo para dichas actividades		
Total actividades	4	
Tiempo disponible total	29.00 horas	

Elaboración propia

Como se determina que hay un cuello de botella en la actividad de armado, como se muestra a continuación, el tiempo de ciclo de cada uno de los operarios en Armado, excede el tiempo takt:

Figura 62: Desbalance de línea en la producción de pallets
Elaboración propia

Por lo tanto, se debe aplicar el balance de línea en las actividades del proceso de mejora de producción de pallets, al dividir el tiempo de ciclo total por actividad entre el tiempo takt, como se muestra a continuación:

Tabla 32: Implementación de balance de línea

Actividad	Tiempo - horas	op	o	proces	CT/op	Tiempo takt	Demora	Balance
Traslado a corte	0.00	2	1	0.000	sin cuello	0.1629	0	
Corte radial	0.41	3	1	0.137	sin cuello	0.1629	0	
Traslado a segundo corte	0.00	2	1	0.000	sin cuello	0.1629	0	
Cortadora múltiple	0.25	3	1	0.082	sin cuello	0.1629	0	
Traslado a cepillado	0.00	2	1	0.000	sin cuello	0.1629	0	
Cepillado (superior e inferior)	0.09	2	1	0.045	sin cuello	0.1629	0	
Traslado a armado	0.00	2	1	0.000	sin cuello	0.1629	0	
Armado	1.47	3	1	0.491	cuello	0.1629	0.328113	10
TOTAL	2.22						0.328113	

Elaboración propia

Después del balance, se mantienen los 3 operarios en la actividad de corte radial, en la actividad de cortadora múltiple, se reduce de 3 a 2 operarios, así también se reduce en el área de cepillado de 2 a 1, y en el área de armado, se debe incrementar de 3 a 10 operarios.

Figura 63: VSM mejora del proceso de producción de pallets
Elaboración propia

En la figura 63, se muestra que los cuellos de botella se han reducido por debajo al tiempo takt, como se observa a continuación:

Figura 64: Balance de línea – Producción de pallets
Elaboración propia

Por último, se debe determinar si se requiere el aumento de operarios de los 15 que actualmente se encuentran en producción, la nueva distribución es por cada una de las actividades, habiendo 4 actividades:

Operarios										Transporte	
Op1	Op2	Op3								Op9	Op10
0.14	0.14	0.14								0.21	0.21
Op4	Op5									Op9	Op10
0.12	0.12									0.12	0.12
Op6										Op6	Op6
0.09										0.04	0.04
Op7	Op8	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8		
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		

Figura 65: Distribución de operarios
Elaboración propia

Como el trabajo de transporte de las tablillas de una estación de trabajo a otro son inherentes al tiempo de las 4 actividades principales, no se cuentan, ya que se ejecutan mientras que se ejecutan las otras actividades, determinándose que se requiere sólo 10 operarios de los 15, como se muestra a continuación el tiempo total para cada uno de los operarios:

Tabla 33: Tiempo total por operario

Operario				Cant Actividad es	Tiempo por actividad	Tiempo Takt
Op1	0.28		0.28	2.00	0.14	0.16
Op2	0.28		0.28	2.00	0.14	0.16
Op3	0.28		0.28	2.00	0.14	0.16
Op4	0.27		0.27	2.00	0.14	0.16
Op5	0.27		0.27	2.00	0.14	0.16
Op6	0.24	0.09	0.33	3.00	0.11	0.16
Op7	0.29		0.29	2.00	0.15	0.16
Op8	0.29		0.29	2.00	0.15	0.16
Op9		0.37	0.37	3.00	0.12	0.16
Op10		0.37	0.37	3.00	0.12	0.16

Elaboración propia

En la tabla 34, se observa por ejemplo que el tiempo total del operario 1 es de 0.28 horas quien ejecuta 2 actividades, siendo 0.14 horas por cada actividad como promedio por operario, por lo que el balance de tiempo versus el tiempo takt se muestra un balance en tiempo y ejecución de actividades por operario.

Figura 66: Balance de tiempo aproximado por operario por actividad versus tiempo takt
Elaboración propia

En consecuencia, el DAP de mejora es:

Tabla 34: DAP de proceso de mejora

DAP		PROCESO DE PRODUCCIÓN									
Diagrama: N° 1		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN							
Objeto: Proceso de producción parihuelas		Actividad		Pasos		%		Días		%	
		Operación ○		4	44%	2.2	100%				
Actividad: Proceso	Lote = 178 parihuelas por día	Transporte ➡		5	56%	0.0	0%				
		Espera D		0	0%	0.0	0%				
Método: Mejora		Inspección □		0	0%	0.0	0%				
Oprarios:15 con diferentes tareas		Almacenamiento ▽		0	0%	0.0	0%				
Compuesto por :		Elaborado por:		Total	9	100%					
Descripción	Cantidad op por actividad por línea	Tiempo real (horas por lote)	Ideal (horas)	PNC Anual		SIMBOLOGÍA					OBS.
				Actual	Mejora	○	➡	D	□	▽	
Recepción de tablillas en almacén										X	
Traslado a corte	2		0.09				X				Actividad interna
Corte radial	3	0.41	0.37	1811	498	X					Actividad interna
Traslado a segundo corte	2		0.09				X				Actividad interna
Cortadora múltiple	2	0.25	0.06			X					Actividad interna
Traslado a cepillado	2		0.18			X					Actividad interna
Cepillado (superior e inferior)	1	0.09	0.02			X					Actividad interna
Traslado a armado	2		0.19			X					Actividad interna
Armado	10	1.47	0.37			X					Actividad interna
Traslado a almacén de PT	2		0.28			X					Actividad interna
Almacenamiento										X	Actividad interna
TOTAL			2.22	1.66	1811	498	4	5	0	0	2
Diferencia horas			4.41	0.56	1313						

Elaboración propia

Ahorros

Por lo tanto, al reducir de 15 a 10 operarios hay una mejora de S/160,213.58, debido al balance de línea:

Tabla 35: Ahorros por la solución de dimensiones erróneas o faltantes

Total operarios	15	10
HH	S/. 17.50	
HM	S/. 375.00	
Procesos	198	
Impacto económico por desbalance	S/. 174,700.66	S/. 14,487.08
	4.77%	0.40%
Ahorro		S/. 160,213.58
Equivalente a		4.38%

Elaboración propia

Por lo que el total en cuanto a PNC, devoluciones, reprocesos y desbalance el total de ahorros es de S/368,485.98, como se observa a continuación:

Tabla 36: Impacto económico para solución de dimensiones erróneas o faltantes

Impacto económico	Actual	Mejora VSM
Costo PNC	S/. 299,229.37	S/. 201,798.52
Costo Devoluciones	S/. 19,743.65	S/. 11,570.20
Costo Reprocesos por PNC y devoluciones	S/. 94,297.25	S/. 63,432.91
Desbalance de línea	S/. 246,504.43	S/. 14,487.08
Total impacto económico	S/. 659,774.70	S/. 291,288.71
Equivalente a las ventas	18.03%	7.96%
Ahorros		S/. 368,485.98

Elaboración propia

El impacto económico equivale a 10.07% de las ventas.

3.4.1.5.2. Solución de la acumulación de viruta y aserrín

Aplicación de la herramienta 5'S.

Con el fin de tener un éxito absoluto, medible, y notable aplicación de las 5S's, se tomó fotos de la zona en general. Se fue selectivo y se concentró toda la atención en los recursos del área de producción de pallets.

Cada etapa que se describe responde a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál fue el objetivo?
- ¿Cuál es la justificación?
- ¿Qué criterios utilizamos para su implementación?
- ¿Cómo lo hacemos?

Seiri – Clasificación

¿Cuál fue el objetivo?

Determinar cuáles son los objetos y herramientas verdaderamente necesarios para el puesto de trabajo, por lo que se buscó separar lo útil de lo inútil.

¿Cuál es la justificación para su implementación?

Figura 67: Zona: objetos y herramientas en desorden (actual) (A)
Fuente: la empresa

Figura 68: Zona: objetos y herramientas en desorden (actual) (A)
Fuente: la empresa

Figura 69: Zona: objetos y herramientas en desorden (actual) (A)
Fuente: la empresa

Figura 70: Zona: objetos y herramientas en desorden (actual) (A)
Fuente: la empresa

¿Qué criterios utilizamos para su implementación?

- Para qué sirve este objeto o documento
- Quién lo utiliza y con qué frecuencia
- Se trata verdaderamente del objeto o documento más adecuado para su utilización por parte del usuario.
- Está colocado en el lugar adecuado respecto a su frecuencia de utilización y a su peso.
- Se aplicó la **“tarjeta roja”**. (véase Anexo N° 03)

¿Cómo se hizo?

- Seleccionó, discriminó y registró en el formato **“Check List de Descarte F-CAL-016”** (véase Anexo N° 01) los elementos que hay en el área de trabajo en función de su utilidad para realizar el proceso de producción de pallets.
- Eliminó los residuos, colocándolos en contenedores debidamente acondicionados e identificados.
- Registró en el formato **“Lista de elementos innecesarios F-CAL-017”** (véase Anexo N° 01)
- Separó lo útil según el grado de necesidad en función de:
 - La frecuencia con que se usó el elemento, según **“Regla práctica para clasificar según frecuencia de uso”** (véase Anexo N° 06). Esto permitió almacenar fuera del área de trabajo aquello que se utilice esporádicamente.
 - La cantidad necesaria del elemento para el trabajo que desarrolle. Esto permitió retirar de la zona de trabajo los objetos que se encuentren en una cantidad excesiva, lo que permitió almacenar fuera de la zona de trabajo el exceso o material sobrante.

- Controló y eliminó las causas que generan la acumulación de los elementos innecesarios.
- Se listó por áreas las cosas que debían ir cerca de la persona, en su lugar de trabajo, en almacenes, y se reubicó en otras áreas.

Debido a que existían artículos que se usaban con poca frecuencia o que no se usan, se realizó un recorrido por toda la zona de trabajo colocándoles a los artículos la “**Tarjeta roja**” (véase Anexo N° 03). Algunas consideraciones sobre este elemento:

Tarjetas rojas. Las tarjetas rojas permiten denunciar que en el sitio de trabajo existe algo innecesario y que se debe tomar una acción correctiva. Para efectos de la implementación de las 5’S, se utilizará las tarjetas de color rojo, ésta indica que se trata de elementos que no deberían permanecer en la zona de trabajo (Transferir o eliminar) o deberían tener un lugar asignado (mantener), el proceso de aplicación de la tarjeta de color fue siguiente:

- Estando ubicados en el área en donde se requirió mejorar, se realizó el recorrido por la zona identificando elementos innecesarios, cuestionando lo siguiente: ¿Es necesario este elemento?, ¿Si es necesario, es necesario en esta cantidad?, ¿Si es necesario, tiene que estar colocado aquí?, ¿Si es necesario, puede ser reubicado en otra parte?
- Una vez que se identificó los elementos, se procedió a colocar en la tarjeta si se transferirá, eliminará o mantendrá con un aspa o “x”.
- Esta tarjeta permaneció sobre el elemento identificado por un período no mayor a dos semanas, salvo alguna excepción visado por el responsable de la implementación del programa.

- Finalizado el proceso de recorrido y colocación de tarjetas rojas por toda la zona de trabajo, se procedió a colocar esta información en el formato **“Registro de tarjetas rojas 5’S F-CAL-019”** (véase Anexo N° 01) del área, en donde debe figurar los datos de la fecha de etiquetado, área o sección, nombre del elemento, cantidad, disposición (transferir, eliminar o mantener), comentario de su nueva ubicación.
- Luego con el apoyo del responsable de la implementación en el área, se procedió a retirar o desalojar físicamente del área de trabajo todo aquello que ya no sirve o está deteriorado, esto quiere decir depositarlo en la basura o chatarra, llevarlo a un área de reciclado si este lo permite y/o área de descarte, reubicarlo en otra área, si es información o artículos con poca frecuencia de uso pero queremos asegurar su conservación se trasladará al archivo, en el caso que sea información con poca frecuencia de uso y en un período a mediano plazo a eliminarlo al almacén de archivos. En este punto, fue necesario contar con la autorización de la Gerencia General para evitar posibles pérdidas de equipos o darse de baja sin consulta.

Seiton - Ordenar

¿Cuál fue el objetivo?

Retirar todo lo identificado como inútil sobre los recipientes reservados al efecto.

¿Cuál es la justificación para su implementación?

Figura 71: Zona equipos y herramientas fuera de su zona (actual)
Fuente: La empresa

Figura 72: Zona equipos y herramientas fuera de su zona (actual)
Fuente: La empresa

Figura 73: Zona equipos y herramientas fuera de su zona (actual)
Fuente: La empresa

Figura 74: Zona equipos y herramientas fuera de su zona (actual)
Fuente: La empresa

¿Qué criterios utilizamos para su implementación?

- Identificó el lugar para retirar. Estas fueron: estanterías, armarios, cajas de herramientas, zonas de stock, suelos, pasillos, útiles y herramientas de máquinas, entre otros.
- Se identificó la frecuencia y secuencia de uso debe ser el criterio primario para organizar documentos, equipos, herramientas, objetos y materiales necesarios en el lugar de trabajo.
- Se asumió como criterio complementario el **“Principio de las 3 F”** y **“Pautas para organizar artículos necesarios”** (véase Anexo N° 4 y 5).
- Se marcó con colores (azul, blanco, amarillo) debe ser hecha por una persona capaz de realizar el trabajo.
- Se estableció el uso del formato **“Programas de Implementación F-CAL-020”** (véase anexo N° 01), y posteriormente la **“Matriz de planeamiento F-CAL-021”** (véase Anexo N° 01).

¿Cómo se hizo?

Una vez que se logró eliminar los elementos innecesarios de todas las áreas se definió el lugar donde se deben ubicar aquellos elementos que necesitamos con frecuencia, identificando eliminar el tiempo de búsqueda, y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados. Para evitar ello debemos realizar lo siguiente:

Rotulación y controles visuales. Se consideró que las rotulaciones son una de las tareas más importantes de realizar durante esta etapa, por ello consistió en asignarle una ubicación y lugar a todos los elementos (mobiliario, equipo, pasillos, archivadores, entre otros) dentro de la zona de trabajo. Para alcanzar esto:

- Se dispuso un lugar adecuado para todos los elementos utilizados en el trabajo diario (elementos considerados como necesarios en la primera S), para facilitar su acceso y retorno al lugar.
- Se mantuvo lugares identificados para ubicar o almacenar los elementos que se emplean con frecuencia, estos deberán identificarse de acuerdo a su funcionalidad, disponibilidad y valor que le agregue a la zona.
- Se rotuló el lugar de los elementos de aseo y limpieza.
- Se ejecutó la rotulación mediante el formato “Procedimiento de identificación de estantes y archivos P-CAL-006” (véase Anexo N° 01)
- Se ejecutó la disposición de elementos en cada proceso siguiendo el formato **“Procedimiento de residuos reaprovecharles P-CAL-007”**. (véase Anexo N° 01)
- Se empleó y promovió siempre el concepto, un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

Mapa de 5'S del área. Con el objetivo de facilitar el control visual, se elaboró la ubicación y posición de los elementos en las zonas de planta y oficinas (mobiliario, equipo, pasillos, archivadores, entre otros). Se realizaron las siguientes acciones:

- El encargado de 5S, con el plano, coordinó con las personas claves para identificar las áreas de las que se hacen responsables de la aplicación del programa.

Demarcación de la ubicación. Se identificó las ubicaciones (demarcar) de los elementos de forma que cada uno sepa dónde están las cosas, y cuántas cosas de cada elemento hay en cada sitio. Se realizaron las siguientes acciones:

- Identificó la localización de puntos de trabajo, ubicación de elementos, materiales, productos, letreros, tarjetas, nombre de las zonas de trabajo, lugar de almacenaje de equipos, disposición de máquinas y puntos de limpieza y seguridad.
- Se delimitó los armarios en su parte interna, para ubicar los artículos o herramientas que existen.
- Una vez identificados las ubicaciones de los elementos, se utilizó colores que permitan identificar claramente los límites de las zonas y la ubicación de estos.
- Se creó líneas que señalen la división entre áreas de trabajo y movimiento, el color de las líneas para la división es amarillo (pintura esmalte color amarillo tráfico).
- Se estableció el uso de 3 colores para los rótulos (Pintura esmalte: color azul y letras blancas, color blanco y, azul para señales obligatorias)
- Se pintó sobre el piso de la planta la delimitación del mobiliario, equipo, entre otros, en las esquinas en forma de “L”, en caso considerar necesario realizar el pintado a todo el contorno puede realizarlo.
- Se utilizó colores claros en superficies oscuras.
- Se debió mantener la identificación de contornos sobre el escritorio o mesas de trabajo hasta que el trabajador se forme el hábito por el orden.

Seiso – Limpieza/detección de fallas

¿Cuál fue el objetivo?

Limpiar las instalaciones/equipos/oficinas y el entorno del puesto de trabajo señalando los lugares que presentan un problema mediante una etiqueta que indique la naturaleza de este, como: fugas de agua, aceite, falta de tornillo, deformaciones o tuercas, oxidaciones, detección temprana de fallas, entre otros.

¿Cuál es la justificación para su implementación?

Figura 75: Zona instalaciones/equipos/oficinas (actual)
Fuente: La empresa

Figura 76: Zona instalaciones/equipos/oficinas (actual)
Fuente: La empresa

Figura 77: Zona instalaciones/equipos/oficinas (actual)
Fuente: La empresa

Figura 78: Zona instalaciones/equipos/oficinas (actual)
Fuente: La empresa

¿Qué criterios utilizamos para su implementación?

- Se revisó la periodicidad de la limpieza.
- Se utilizó: trapos, cepillos, escobas, aspiradoras, vaporeras, botes de pintura, brochas, detergentes apropiados, entre otros.
- Se estableció **“El día de la gran limpieza”**, aplicando la tabla de asignación de responsabilidades de limpieza (véase Anexo N° 8)

¿Cómo se hizo?

- Se identificó las fuentes de suciedad (laminilla, polvo, apilamiento de objetos, charcos de agua, entre otros) para minimizarlas.
- Se identificó las fuentes de posibles fallas como fugas de agua, aceite, congelamiento en componentes, caídas de voltaje, ruidos, entre otros.
- Se dividió el área y se asignó responsables de limpieza, medición y observación por cada zona.
- Se implementó un programa de mantenimiento de señalización de planta y almacén **“F-CAL-022”** (véase Anexo N° 01), en el cual se determinan las fechas periódicamente para la ejecución.
- Todos los días el responsable general de la limpieza retiró las bolsas de basura, trapos de limpieza de los tachos de operaciones y tachos de oficinas, y se colocó en el cilindro de planta para que al finalizar el día se retire a la calle para su eliminación con el camión de basura, todo lo demás que se recicle se acopiará hasta su venta.
- Se creó un procedimiento que permitió identificar las actividades de limpieza y como mantenerlo así todo el tiempo. El equipo estableció un sistema de auto auditoría para

implementar métodos de prevención para evitar la contaminación y el deterioro de la zona.

Esta etapa fue muy importante, porque el equipo debió centrarse no sólo en la limpieza de la zona, sino también encontrar la causa (s) raíz o el origen (es) de contaminación (residuos en general) y fallas (ruidos, fugas)

El propósito era crear conciencia e ir a la raíz del problema, sobre todo tener en cuenta que la fábrica pallets y estos tienen contacto con productos para el consumo humano, lo cual debió tenerse en cuenta, lo que se considera una súper limpieza, en las 5`S.

La limpieza contribuyó a hacer el área más segura y a detectar anticipadamente fallas que ocasionen paradas de máquinas o mermas de producto.

Hacia el final de la tercera S, el área debió haber sido llevado hasta un gran nivel de comodidad, limpieza, y orden.

Seiketsu – Estandarizar

¿Cuál fue el objetivo?

Estandarizar los procesos de cada una de las estaciones de trabajo en el área seleccionada y fomentar el involucramiento de los colaboradores de la empresa mostrando que eran parte de esta implementación, y se beneficiarían de ello.

¿Cuál es la justificación para su implementación?

Los resultados del impacto económico y operativo revisado en el capítulo 3.

¿Cómo se hizo?

- Se creó las condiciones para mantener el ambiente de trabajo organizado, ordenado y limpio, integrando las acciones de las 3 primeras S en los trabajos diarios.

- Se estableció el estándar visual de limpieza y detección temprana de fallas para mantener en el tiempo las zonas de trabajo y crear el hábito de la observación y escucha, esto se realizará según la lista que se muestra en la Tabla 79.

Figura 79: Lista de publicación de controles visuales
Elaboración propia

Área	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
PRODUCCIÓN	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4
	Armario equipos	Mesas de trabajo		Panorámica
ALMACÉN	-	-	Estantes	Panorámica
DESPACHO	-	-	Embalaje	Panorámica

- Para lograr propagar la cultura de estandarización de la limpieza y detección temprana se empleó la localización de fotografías del sitio de trabajo y de equipos en condiciones óptimas de organización, orden, limpieza y funcionamiento para que puedan ser vistas por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debe permanecer el área y equipos. Asimismo, cualquier ruido fuera del normal funcionamiento debe ser registrado y reportado. Con estas fotografías del sitio de trabajo sirvió como ayuda memoria para dejar su sitio de trabajo como manda el estándar y como medida de control al relevo de los turnos.
- Cada vez que ingrese un nuevo personal, se le capacitó en el programa de 5'S de forma obligatoria, por lo que, se llenó un registro el cual está contemplado en la inducción de nuevo personal.

- Se procedió a elaborar o actualizar la base documentaria que sirve de guía para cumplir con cada una de las actividades del proceso, como: flujo gramas, fichas de proceso, manual de procedimientos, formatos, registros, instructivos, guías, indicadores y; el manual de implementación de 5'S. (véase Anexo N° 2)
- Se capacitó y sensibilizó a todos los colaboradores de la empresa de acuerdo con el plan de capacitación. (véase Anexo N° 9). Asimismo, se les inculcó brindar ideas creativas para fomentar procesos innovadores y; como resultado de ello podrían obtenerse bonos de reconocimiento, como también periódicamente se propone realizar auditorías de cada etapa de las 5 S que permita determinar su status y; a partir de ello tomar acciones correctivas.

Shitsuke – Sostener

¿Cuál fue el objetivo?

Sensibilizar y motivar a todos los colaboradores de la empresa (principalmente de la planta de producción), explicando los beneficios de un mejor lugar de trabajo eliminando todo lo que no agregue valor al proceso.

¿Cuál es la justificación para su implementación?

Los resultados del impacto económico y operativo revisado en el capítulo 3.

¿Cómo se hizo?

1. Concientizar al personal

Para mantener el hábito de respetar y utilizar correctamente los manuales, estándares y controles previamente desarrollados, es importante que las cuatro primeras S se hayan implantado correctamente.

Hacia el cierre del proyecto, el Gerente General (Sponsor) y el Gerente de Operaciones (Líder del proyecto) mostraron los resultados obtenidos luego de la implementación del proyecto, y los comprometieron con el fin de preservar y mejorar el mejoramiento logrado. El cierre se realizó en una breve ceremonia, durante aproximadamente cuatro horas.

Además, en este cierre, los miembros del equipo se presentaron los logros alcanzados y debieron explicar los efectos positivos directos y secundarios que se esperan del esfuerzo realizado, difundiendo diversos *“Slogans”* de la aplicación de 5’S. Este fue un compromiso mutuo para dar seguimiento a la finalidad y el apoyo del proyecto (véase anexo N° 8).

Resultados y pronóstico de la implementación

A continuación, se ha elaborado un formato en donde se debe auditar las 5S, en donde el objetivo es del 80%, que al estabilizar la implementación de 5S en los primeros meses, se da un porcentaje aproximado de 42%, como se muestra a continuación:

Tabla 37: Auditoría 5S

Empresa :		Auditoria 5s		Auditor :	
Area:				Dia :	
Sistema de puntuación				Objetivo	Real
0	Inexistente - No se aprecia ningún cambio	1ª S	17%	8%	
1	Insuficiente - Grado de cumplimiento es menor del 40%	2ª S	15%	10%	
2	Bien - Grado de cumplimiento es mayor del 40% y menor del 90%	3ª S	14%	8%	
3	Excelente - Grado de cumplimiento es mayor del 90%	4ª S	16%	10%	
		5ª S	18%	5%	
		Total	80%	42%	
Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio					
1ª s		0	1	2	3
Separar y eliminar innecesarios	1 ¿Se ha separado lo que no se requiere?			2	
	2 ¿Se ha clasificado las herramientas de trabajo?		1		
	3 ¿Se ha preguntado si las herramientas son de otra área?			2	
	4 ¿Se ha eliminado las herramientas	0			
Total		5			
2ª s		0	1	2	3
Situar e identificar necesarios	1 ¿Se ha identificado los elementos prioritarios en cada área?				3
	2 ¿Se ha ordenado cada área de trabajo?		1		
	3 ¿Se ha ordenado las herramientas?		1		
	4 ¿Se ha ordenado los cables del suelo?		1		
Total		6			
3ª s		0	1	2	3
Suprimir la suciedad	1 ¿Se ha limpiado la viruta de cada área de trabajo?	0			
	2 ¿Se ha limpiado otros materiales cada escritorio?		1		
	3 ¿Se ha retirado el polvo de los equipos?			2	
	4 ¿Se ha lubricado los equipos?			2	
Total		5			
4ª s		0	1	2	3
Señalizar	1 ¿Se ha señalado las áreas de trabajo?			2	
	2 ¿Se ha señalado el piso con pintura amarilla?		1		
	3 ¿Hay señales mostrando los riesgos de los equipos?			2	
	4 ¿Se ha señalado las oficinas?		1		
Total		6			
5ª s		0	1	2	3
Sostener y respetar	1 ¿Se han tomado las 4S anteriores para realizar el estándar?	0			
	2 ¿Los operarios respetan los estándares establecidos?		1		
	3 ¿Los operarios respetan los cronogramas establecidos?		1		
	4 ¿Se sostiene la estandarización?		1		
Total		3			
Evaluación realizada por:		Evaluación validada por:			
Firma		Firma

Elaboración propia

La estandarización que se llevará a cabo es:

Tabla 38: estandarización de las 5S en la producción de pallets

Estandarización		Área: Producción								
		Nombre: Fecha: 10/03/2020								
Nro.	5S / Frecuencia	Clasificar	Ordenar	Limpiar	Señalización	Estandarización	Continuamente	Diario AM	Diario PM	Semanal
	Acción									
1	Tarjeta roja (en área)									
2	Tarjeta roja (procesos)									
3	Revisión de inventario									
4	Revisión de herramientas y equipos									
5	Limpiar área									
6	Inspección de limpieza de máquinas y equipos									

Elaboración propia

Se asume que el tiempo después de la implementación de las 5S, se reduce por 0.21 horas, por un total de 2.01 horas, por lo que se reduce de 0.21 horas:

Tabla 39: Cálculo del tiempo de proceso de producción de pallets después de implementar las 5S

		Objetivo		Al implementar	
Mejora al implementar 5S		38% Total		9% Total	
Ahorro		Horas			
Tiempo de proceso	2.22	0.85	1.37	0.21	2.01
Reprocesos	0.031	0.012	0.019	0.003	0.028

Elaboración propia

Por lo que el nuevo DAP es como se muestra a continuación:

Tabla 40: DAP mejora del proceso de producción de pallets

DAP		PROCESO DE PRODUCCIÓN												
Diagrama: N° 1		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN										
Objeto:		Actividad		Pasos		%		Días		%				
Proceso de producción parihuelas		Operación		4		44%		2.0		100%				
Actividad: Proceso	Lote = 178 parihuelas por día	Transporte		5		56%		0.0		0%				
		Espera		0		0%		0.0		0%				
Método: Mejora		Inspección		0		0%		0.0		0%				
Oprarios:15 con diferentes tareas		Almacenamiento		0		0%		0.0		0%				
Compuesto por :		Elaborado por:		Total		9		100%						
Descripción	Cantidad op por actividad por línea	Tiempo real (horas por lote)	Ideal (horas)	PNC Anual		SIMBOLOGÍA					OBS.			
				Actual	Mejora
Recepción de tablillas en almacén										X				
Traslado a corte		2	0.37	0.09				X				Actividad interna		
Corte radial		3		0.37	1811	498	X					Actividad interna		
Traslado a segundo corte		2		0.09				X				Actividad interna		
Cortadora múltiple		2	0.22	0.06	339	103	X					Actividad interna		
Traslado a cepillado		2		0.18				X				Actividad interna		
Cepillado (superior e inferior)		1	0.08	0.02			X					Actividad interna		
Traslado a armado		2		0.19				X				Actividad interna		
Armado		10	1.34	0.37			X					Actividad interna		
Traslado a almacén de PT		2		0.28				X				Actividad interna		
Almacenamiento											X	Actividad interna		
TOTAL			2.01	1.66	2150	601	4	5	0	0	2			
Diferencia horas			4.62	0.35		1549								

Elaboración propia

Y el VSM final es:

Figura 80: VSM mejora final
Elaboración propia

Por lo que el nuevo balance de línea es:

Figura 81: Balance de línea
Elaboración propia

Y a continuación se muestra el balance de tiempo y actividades por operario

Tabla 41: Balance de tiempo por operario y por actividad

				Cant	Tiempo	
				Actividad	por	Tiempo
				es	actividad	Takt
Operario						
Op1	0.26		0.26	2.00	0.13	0.16
Op2	0.26		0.26	2.00	0.13	0.16
Op3	0.26		0.26	2.00	0.13	0.16
Op4	0.25		0.25	2.00	0.12	0.16
Op5	0.25		0.25	2.00	0.12	0.16
Op6	0.21	0.08	0.30	3.00	0.10	0.16
Op7	0.27		0.27	2.00	0.13	0.16
Op8	0.27		0.27	2.00	0.13	0.16
Op9		0.34	0.34	3.00	0.11	0.16
Op10		0.34	0.34	3.00	0.11	0.16

Elaboración propia

En consecuencia, el balance de tiempo por cada uno de los operarios:

Figura 82: Balance de operarios final
Elaboración propia

3.4.2. Ahorros

Los ahorros finales con de S/145,260.31, equivalente a los 4.33% de la mejora anterior antes de implementar 5S, como se muestra a continuación:

Tabla 42: Mejora por balance de línea final

Total operarios		15	10	
HH	S/.	17.50		
HM	S/.	375.00		
Procesos		198		
Impacto económico por desbalance	S/.	158,395.26	S/.	13,134.95
		4.33%		0.36%
Ahorro			S/.	145,260.31
Equivalente a				3.97%

Elaboración propia

Habiendo un ahorro total después de implementar todas las herramientas de S/485,754.62, equivalente 13.72% de las ventas, como se observa en la tabla 44:

Tabla 43: Ahorro total después de implementación de las herramientas Lean Manufacturing

Impacto económico	Actual	Mejora 5S	Ahorros
Costo PNC	S/. 299,229.37	S/. 115,640.01	S/. 183,589.36
Costo Devoluciones	S/. 19,743.65	S/. 8,704.19	S/. 11,039.46
Costo Reprocesos por PNC y devoluciones	S/. 94,297.25	S/. 36,540.92	S/. 57,756.32
Desbalance de línea	S/. 246,504.43	S/. 13,134.95	S/. 233,369.48
Total impacto económico	S/. 659,774.70	S/. 174,020.08	S/. 485,754.62
Equivalente a las ventas	18.03%	4.76%	13.27%

Elaboración propia

3.4.3. Inversión

La inversión se ha calculado por S/211,959.75, al considerar la capacitación de los 10 operarios, así como el pago extra por la capacitación de los operarios, y por último los tangibles:

Tabla 44: Cálculo de inversión

Inversión Lean Manufacturing					
Capacitación Lean Manufacturing	Operarios	Horas/clase	S//operario	Subtotal	
Clases a operarios	10	125	S/. 105.00	S/	131,250.00
Horas extra	10	125	S/ 21.88	S/	27,343.75
Total por capacitación				S/	158,593.75
Tangible/Activos	Procesos	Unidades	Soles	Subtotal	
Plantillas	198	1584	S/. 11.50	S/	18,216.00
Aplicación DAP y VSM		4	S/. 6,800.00	S/.	27,200.00
Conexión de base de datos con aplicaciones de control de calidad		1	S/. 1,950.00	S/.	1,950.00
Análisis en tiempo real aplicación		4	S/. 1,500.00	S/.	6,000.00
Total tangibles				S/	53,366.00
Total Inversión				S/ 211,959.75	

Elaboración propia

3.5. Aplicación del Trabajo Estandarizado

Luego de haber implementado el proyecto, se procedió a documentar o actualizar los manuales de funciones, procesos, procedimientos, formatos, instructivos, que permitan ejecutar las tareas operativas de acuerdo con las actividades implementadas asegurando la calidad del servicio y la eficiencia del proceso, cumpliendo con una herramienta la metodología Lean: **Trabajo Estandarizado**.

La elaboración de procedimientos como se observa en la Figuras 83 y 84, se realizó en base a buenas prácticas de gestión de mejora continua, que se soporta en la documentación que propone el sistema de aseguramiento de la calidad de la Norma ISO 9001:2015. Estos son:

- Procedimiento de Control o Servicio no Conforme
- Procedimiento de Auditoría Interna

Figura 83: Procedimiento de Control y/o servicio no conforme

Elaboración propia

Figura 84: Procedimiento de Auditoría Interna

Elaboración propia

Elaboración propia

Procedimiento de calibración o verificación de equipos y herramientas

La empresa deberá determinar el seguimiento y la medición a realizar. Se deberá calibrar o verificar a intervalos específicos, ajustar o reajustar según sea necesario y no menos importante, se debe llevar registros de los resultados de la calibración y la verificación. En muchas de las intervenciones mecánicas se ha detectado la falta de calibración de los equipos y herramientas, que no tienen el mantenimiento correcto para dar ajuste a piezas de precisión, por lo cual no se efectúa los trabajos correctamente, y generar la probabilidad de mermas en la producción de pallets.

Todo esto ocasiona atenciones mecánicas ineficientes, mayores tiempos de intervención en los equipos y una baja disponibilidad. Por ello, se establecerá un procedimiento de calibración o verificación en los equipos y herramientas, como se observa en la Figura 85.

Figura 85: Procedimiento de Calibración o verificación de los equipos

Elaboración propia

Proceso de capacitación.

Como se ha detectado en el diagrama de Pareto, una de las causas más relevantes que impacta directamente en la baja disponibilidad es la falta de capacitación. La Gerencia de Operaciones y Supervisores, son los principales responsables del cumplimiento con el programa de entrenamiento de los técnicos. Muchos técnicos que ingresan a la compañía son enviados directamente a producción sin el entrenamiento adecuado, por lo cual, no se realizan inspecciones eficientes en los equipos.

De otro lado, la capacitación en seguridad y salud ocupacional también forma parte importante de la preparación para los técnicos. Además, las capacitaciones en competencias blandas como *“Atención al cliente”*, refuerza las habilidades y destrezas para tomar

decisiones adecuadas de manera asertiva, con la finalidad de conseguir clientes satisfechos, elevando la calidad del servicio. Cabe señalar que los técnicos son el primer contacto con el cliente una vez, despachadas las pallets. El flujograma propuesto para desarrollar la capacitación del personal se observa en la Figura 86.

Figura 86: Procedimiento de Capacitación

Elaboración propia

Además, se propone aplicar el Formato “Evaluación de proveedores” para organizar la gestión de compras locales, y de estar contar con los materiales e insumos que cumplan las especificaciones técnicas solicitada por el cliente.

Figura 87: Formato Evaluación de proveedores

EVALUACIÓN DE PROVEEDORES CRÍTICOS	VERSIÓN/FECHA: 01 /30-10-2018
		REVISADO: RED
		APROBADO: GG

[MENU](#)

PROVEEDOR :		
EVALUADOR :		FECHA :

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR

Instrucciones: Evaluar al proveedor asignando una “x” en el valor de calificación de acuerdo al cuadro de criterios de evaluación. Si es necesario agregar observaciones.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN					OBSERVACIONES
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	No Aplica	
Tiempo de entrega del producto / servicio						
Conformidad del producto/servicio / Cumple con especificaciones						
Comunicación con el Proveedor						
Capacidad del Proveedor						
Experiencia en el mercado / cartera de clientes / alianzas estratégicas						
Garantía						
Precio de productos y/o servicios						
Soporte Técnico						
Facilidades de pago						
RESULTADO:						

NOTA: Se tomarán acciones cada vez que el proveedor sea calificado en uno de los criterios de evaluación como **REGULAR y/o MALO**. Si el resultado es **MALO** no califica como proveedor.

COMENTARIOS / ACCIONES :

RE-EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR

Tipo de calificación	Puntaje	Reevaluación
Muy Bueno	3.5 - 4	Anual
Bueno	2.5 - 3.5	A los 6 meses
Regular	1.5 - 2.5	Al mes siguiente
Malo	1 - 1.5	No califica como proveedor

SEGUIMIENTO AL PROVEEDOR

FECHA	PRODUCTO / SERVICIO	INCIDENTE	ACCIONES TOMADAS

Elaboración propia

Dado que el principal problema es la baja producción de pallets, los indicadores que se establecerán son para medir el desempeño del objetivo principal. Todos estos indicadores están relacionados a la capacidad de las máquinas desde el punto de vista de su mantenimiento, productividad y eficiencia global (OEE).

3.6.Indicadores

Se muestra que al implementar las herramientas de Lean Manufacturing, se ha incrementado un nivel de servicio de 90.28% a 94.25%, siendo el ideal mayor que 95%. Se ha reducido los productos no conformes de 11.29% a 6.61% y el OEE de 66.56% a 72.94% incrementándose los factores de disponibilidad y calidad:

Indicadores	Fórmula	Actual	Unidades	Objetivo acción	Objetivo numérico	Teoría	Mejora
Nivel de servicio	=Fabricación real/Fabricación programada	90.28%	porcentaje	Incrementar	>= 95%	Nivel de confianza	94.25%
Productos no conformes	=Productos no conformes/Producción total	11.29%	porcentaje	Disminuir	<= 5%	Margen de error	6.61%
OEE		66.56%	porcentaje	Incrementar	85.00%	OEE	72.94%
Disponibilidad	= Tiempo de carga - Tiempo de inactividad (h)/Tiempo de carga (h)	75.00%	porcentaje	Incrementar	90.00%	OEE	99.61%
Rendimiento	=(Tiempo de ciclo teórico (h) x Salida real (u))/(Tiempo de funcionamiento (h))	99.45%	porcentaje	Incrementar	95.00%	OEE	78.17%
Calidad	=(Piezas buenas (unidades))/(Producción total (unidades))	89.24%	porcentaje	Incrementar	99.00%	OEE	93.67%

4. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Simulación

Para realizar la validación de ingeniería se ha utilizado el programa Arena.

Primer paso: Se analizó la base de datos actual

Segundo paso: Se realizó una proyección de los tiempos de mejora según lo calculado en el capítulo 3.

Tercer paso: se ingresaron los datos en la aplicación Input Analyzer de Arena, para obtener las distribuciones del proceso actual y de mejora, así como los cálculos requeridos para el modelo de los procesos, como se muestra a continuación (revisar Anexo 13 y 14):

Tabla 45: Distribuciones para el modelo de los procesos actual y mejora en Arena

No. Actividades	Actual		Mejora
1 Traslado a corte	$0.26 + 0.24 * \text{BETA}(2.28, 2.28)$	Corte radial	$0.19 + \text{WEIB}(0.205, 2.55)$
2 Corte radial	$\text{TRIA}(0.76, 1.4, 2.4)$	Cortadora múltiple	$0.1 + 0.27 * \text{BETA}(2.51, 2.95)$
3 Traslado a segundo corte	$0.18 + \text{WEIB}(0.193, 2.51)$	Cepillado (superior e inferior)	$0.05 + 0.06 * \text{BETA}(4.18, 3.88)$
4 Cortadora múltiple	$0.11 + 0.29 * \text{BETA}(2.49, 2.75)$	Armado	$\text{TRIA}(0.74, 1.27, 2)$
5 Traslado a cepillado	$0.41 + \text{GAMM}(0.0635, 5.05)$		
6 Cepillado (superior e inferior)	$0.06 + 0.06 * \text{BETA}(2.84, 2.97)$		
7 Traslado a armado	$\text{TRIA}(0.44, 0.715, 1.12)$		
8 Armado	$\text{TRIA}(0.82, 1.38, 2.25)$		
9 Traslado a almacén	$0.76 + 0.75 * \text{BETA}(2.51, 2.77)$		
	Afirmativo		Afirmativo
¿Productos conformes?	88.71%		93.39%
Cada (horas)	6.63		2.01
Productos por día	178		186
Productos no conformes	20		13

Elaboración propia

Cuarto paso: Se realizaron los modelos según lo mostrado en la tabla 46, como se muestran a continuación:

Figura 88: Modelo de simulación del proceso actual
Elaboración propia

Figura 89: Modelo de simulación del proceso de mejora
Elaboración propia

En las figuras 88 y 89, se observan los dos modelos, que, aunque no cambia el proceso, las distribuciones son diferentes y los cálculos de inicio, así como si los productos son conforme o no, de acuerdo con la tabla 46.

Quinto paso: Se ejecutan los modelos, proporcionando los siguientes resultados:

Tabla 46: Resultados de la simulación del proceso actual

Proceso Actual						
Replications: 24 Time Units: Hours						
Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	12.2434	0.07	11.8686	12.5849	10.2198	14.4111
Productos	6.6646	0.02	6.5645	6.7252	5.0340	8.4520
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	2.2775	0.28	1.3110	3.8316	0.00	15.4486
Productos	1.2053	0.14	0.7284	2.2244	0.00	13.6868
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	14.5209	0.26	13.7173	15.7002	10.7810	26.3317
Productos	7.8698	0.13	7.4302	8.7889	5.3482	20.0960
Counter						
Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Productos Conformes	178.00	0.00	178.00	178.00		
Productos Reprocesados	20.2083	1.66	14.0000	32.0000		

Elaboración propia

Tabla 47: Resultados de la simulación del proceso de mejora

Proceso Mejora

Replications: 24

Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	4.0164	0.04	3.8325	4.1937	2.9475	5.2959
Productos	2.0160	0.01	1.9743	2.0598	1.3036	2.8241
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	4.2229	1.15	1.3499	12.7651	0.00	26.5942
Productos	1.9263	0.39	0.9709	4.7005	0.00	17.3848
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Producto reproceso	8.2393	1.15	5.3260	16.7382	3.3091	30.3268
Productos	3.9423	0.39	2.9572	6.7471	1.3937	19.0159

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Productos Conformes	186.00	0.00	186.00	186.00
Productos Reprocesados	11.5417	1.71	5.0000	20.0000

Elaboración propia

Los resultados de las tablas 47 y 48 se comparan con los valores calculados, como se muestra a continuación:

Tabla 48: Comparación de resultados calculados versus simulados

Resultados	Actual		Mejora	
	Cálculo Conforme	Simulación Conforme	Cálculo Conforme	Simulación Conforme
Total (horas)	6.63	7.87	2.01	3.94
Con Reprocesos	10.23	14.52	5.61	8.24
		1.24		1.93
		4.30		2.63
Prods Conformes	178	178	186	186
Prods no conformes	20	20	13	12

Elaboración propia

En la tabla 49 se observa que el proceso actual calculado es de 6.63 horas y el proceso con reprocesos es de 10.23 horas, por último, el requerimiento diario de producción es de 178 unidades, de los cuales 20 son PNC. En el caso del proceso actual simulado, el proceso actual simulado es de 7.87 horas y el proceso con reprocesos es de 14.52 horas, por último, el requerimiento diario de producción es de 178 unidades, de los cuales 20 son PNC.

Para el proceso de mejora calculado, se observa que el proceso actual calculado es de 2.01 horas y el proceso con reprocesos es de 5.61 horas, por último, el requerimiento diario de producción es de 186 unidades, de los cuales 13 son PNC. En el caso del proceso actual simulado, el proceso actual simulado es de 3.94 horas y el proceso con reprocesos es de 8.24 horas, por último, el requerimiento diario de producción es de 186 unidades, de los cuales 12 son PNC.

Por lo que se concluye la factibilidad de la implementación de la propuesta de mejora.

4.2. Evaluación económica

Para determinar la factibilidad del proyecto se debe realizar la evaluación económica del proyecto, calculando el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) se ha utilizado la fórmula CAPM (Capital Asset Pricing Model) es un modelo que describe la relación entre riesgo y rendimiento esperado, del cual se determina el Costo de Oportunidad.

La fórmula del costo de oportunidad (COK) utilizando el método CAPM es:

$$COK = \beta \times (R_m - R_f) + R_f + R_{país}$$

En donde:

β : Beta apalancada

R_m : Prima de riesgo del país (Perú)

R_f : Tasa libre de riesgo (bonos de tesoro público a 10 años de Estados Unidos)

$R_{país}$: Riesgo país (Perú)

Para ello, la fórmula de beta apalancada β es:

$$\text{Beta apalanca} = \text{Beta no apalancada} \times (1 + (1 - T) \times (D / C))$$

En donde

T : Es el impuesto a la renta del país (Perú)

D/C : es la relación de deuda y capital

En el anexo 14 se muestra los valores obtenidos para el cálculo del COK o CAPM y sus respectivas fuentes:

Tabla 49: Cálculo de Costo de Oportunidad

Cálculo COK			Fuente
Rf	Tasa libre de riesgo	1.10%	Us Treasury Bond 2/3/2020
	Beta no apalancada	1.36	Materiales de construcción Damodaran
β	Beta apalancada	1.74	Cálculo según fórmula
	T	29.5%	Tasa de Renta Perú
	D/C	40.1%	Damodaran D/E Ratio
Rm	Prima de riesgo	6.38%	Damodaran Perú
Rpaís	Riesgo país	1.23%	Gestión 3/3/2020
	COK	11.54%	

Elaboración propia

Por lo tanto, el valor del costo de oportunidad es de 11.54%, este valor se requiere para calcular el VAN en cada uno de los escenarios. A continuación, se muestra el escenario esperado, el cual se ha tomado en consideración los cálculos de la inversión sección 3.4.2 y 3.4.3 por la diferencia de los procesos actual y mejora, como se muestra a continuación:

Tabla 50: Escenario Esperado

Supuestos - Real						
Depreciación	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	29.50%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	11.54%					
	0	1	2	3	4	5
Ahorros		S/97,150.92	S/97,150.92	S/97,150.92	S/97,150.92	S/97,150.92
(-) Costos						
(-) Gastos operativos						
(-) Depreciación		-\$/10,673.20	-\$/10,673.20	-\$/10,673.20	-\$/10,673.20	-\$/10,673.20
(=) UAI = EBIT		S/86,477.72	S/86,477.72	S/86,477.72	S/86,477.72	S/86,477.72
(-) Impuestos		-\$/25,510.93	-\$/25,510.93	-\$/25,510.93	-\$/25,510.93	-\$/25,510.93
(+) Depreciación		S/10,673.20	S/10,673.20	S/10,673.20	S/10,673.20	S/10,673.20
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/71,639.99	S/71,639.99	S/71,639.99	S/71,639.99	S/71,639.99
Gastos netos de capital		-\$/211,959.75				
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)		-\$/211,959.75	S/71,639.99	S/71,639.99	S/71,639.99	S/71,639.99
VAN	S/49,237.87					
TIR	20.49%					

Elaboración propia

En el escenario Esperado, se observa que al asumir que los ahorros se darán de manera continua para un periodo de 5 años similares y con una inversión al inicio del proyecto,

el VAN es de S/49,237.47 mayor que cero y la TIR de 20.49% es mayor que el COK, por lo que se asume que el proyecto es factible de ejecutar.

Para los escenarios de pesimista y optimista se ha simulado los valores. En la tabla 52 se observa que al calcular los ahorros con una TIR mayor que el COK de 11.54% es de S/78,077.20 anual como mínimo, así como para el escenario optimista es cualquier valor de TIR mayor al resultado de la TIR del escenario esperado. Al aplicar estos valores en los flujos de caja, se calcula VAN y TIR para los escenarios pesimista (tabla 52) y optimista (tabla 53), como se muestra a continuación:

Tabla 51: Escenario Pesimista

Supuestos - Pesimista						
Depreciación	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	29.50%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	11.54%					
	0	1	2	3	4	5
Ahorros		S/78,077.20	S/78,077.20	S/78,077.20	S/78,077.20	S/78,077.20
(-) Costos						
(-) Gastos operativos						
(-) Depreciación		-S/10,673.20	-S/10,673.20	-S/10,673.20	-S/10,673.20	-S/10,673.20
(=) UAI = EBIT		S/67,404.00	S/67,404.00	S/67,404.00	S/67,404.00	S/67,404.00
(-) Impuestos		-S/19,884.18	-S/19,884.18	-S/19,884.18	-S/19,884.18	-S/19,884.18
(+) Depreciación		S/10,673.20	S/10,673.20	S/10,673.20	S/10,673.20	S/10,673.20
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/58,193.02	S/58,193.02	S/58,193.02	S/58,193.02	S/58,193.02
Gastos netos de capital	-S/211,959.75					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-S/211,959.75	S/58,193.02	S/58,193.02	S/58,193.02	S/58,193.02	S/58,193.02
VAN	S/210.54					
TIR	11.58%					

Elaboración propia

En el escenario pesimista, se calcula que la TIR puede ser 11.58% mayor que el COK de 11.54% con ahorros mínimos de S/78,077.20, es decir que, si los ahorros disminuyen, la TIR será negativa, así como el VAN y el proyecto se consideraría como no factible, por lo que se asume que este escenario es el límite inferior. Para el Escenario optimista:

Tabla 52: Escenario Optimista

Supuestos - Optimista						
Depreciación	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	29.50%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	11.54%					
	0	1	2	3	4	5
Ahorros		S/99,183.80	S/99,183.80	S/99,183.80	S/99,183.80	S/99,183.80
(-) Costos						
(-) Gastos operativos						
(-) Depreciación		-S/10,673.20	-S/10,673.20	-S/10,673.20	-S/10,673.20	-S/10,673.20
(=) UAI = EBIT		S/88,510.60	S/88,510.60	S/88,510.60	S/88,510.60	S/88,510.60
(-) Impuestos		-S/26,110.63	-S/26,110.63	-S/26,110.63	-S/26,110.63	-S/26,110.63
(+) Depreciación		S/10,673.20	S/10,673.20	S/10,673.20	S/10,673.20	S/10,673.20
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/73,073.17	S/73,073.17	S/73,073.17	S/73,073.17	S/73,073.17
Gastos netos de capital		-S/211,959.75				
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)		-S/211,959.75	S/73,073.17	S/73,073.17	S/73,073.17	S/73,073.17
VAN		S/54,463.20				
TIR		21.40%				

Elaboración propia

En la tabla 53 el escenario optimista, se calcula que la TIR es de 21.40% mayor que el COK de 11.54% y mayor que la TIR del escenario esperado de 20.49% con ahorros mayores que S/99,183.80 anual, es decir que si los ahorros incrementan, la TIR será positiva así como el VAN y el proyecto se consideraría como no factible, por lo que se asume que este escenario es el límite superior, y el incremento de esta la factibilidad del proyecto es cada vez mejor si los ahorros incrementan en el tiempo de su implementación.

4.3. Impactos de la solución de ingeniería

Para la evaluación de los impactos de la solución de ingeniería se ha utilizado la matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental y las matrices de riesgo para los impactos legal-político, económico, social cultural y tecnológico.

4.3.1. Medio Ambiente

La matriz de Leopold mide la magnitud (-10 a 10) e importancia (1-10) de la mejora por medio de su proceso de transporte de los productos, como se muestra a continuación:

Tabla 53: Matriz de Leopold, medio ambiente

			Magnitud: -10 a 10 Importancia: 1 a 10	1. Obtención de materias primas e insumos					ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS						3. Almacenamiento y entrega de productos									
Valoración		Magnitud: -10 = Pequeña 10 = Grande Importancia 1 = Nada, 10 = Alta		Compra de productos a proveedores	Traslado de productos desde proveedores a planta	Traslado de productos dentro de la ciudad	Descarga de productos en planta	Mant. vehículo propio para llevar la materia prima al local (freno, llantas, lubricación)	Total Acción 1	Preparación de materias primas, materiales exportados e insumos	Energía eléctrica consumida por uso de maquinarias	Mantenimiento de equipos	Mantenimiento de planta	Eliminación de desechos	Total Acción 2	Mantenimiento de planta (pintura, limpieza)	Consumo de madera	Afluencia de personas en locales de clientes para el uso de productos	Uso de empaque	Transporte para enviar productos terminados a cliente	Total Acción 3	Total Acciones		
FACTORES AMBIENTALES	A. Características físicas y químicas	1. Tierra	Recursos minerales	1					2						0		-3					-12	-10	
			Suelos	2					-18					3	18		4			-5		-20	-20	
		2. Agua	Superficial	-3						0	-2	-2			3	-10	-1			4		-5	-20	-30
			Calidad del aire (gases, partículas)	6						-8	4				6	8		-3	2		3		-5	-20
		3. Atmósfera								-2						0	-1					-3	-19	-33
	B. Factores Biológicos	4. Procesos	Avenidas	2					1	-14					6	4	4				5	-3	-15	-27
																					5			
		1. Flora	En general							0						0		-3					-12	-12
		2. Fauna	En general							0						0		4					-2	-2
											0					0		-1					2	
	C. Factores culturales	1. Uso de la tierra	Área Comercial							0						0						-5	10	10
			Industriall							0						0		-4				3	-24	-24
			Minería y extracción de minerales	3						15						0		6					0	15
		2. Aspectos culturales	Patrones culturales (estilo de vida)	5						0						0				5			30	30
			Empleo	2	2					12	2				2	10		5					20	42
			Salud y seguridad		1					0	5				3		83		4				40	123
		3. Facilidades y actividades humanas	Red de transporte						0	7						0		5					-1	19
			Manejo de residuos	3	-1					20					7		0		8			1	0	63
			Redes de servicios	7	1					0	-2	-4			9		-10						0	-10
		D. Relaciones Ecológicas	Otros						0	3	1					0		-3					-3	-3
										0						0		1						
TOTALES									5						154						-28	131		

Elaboración propia

En la tabla 54, se observa que, al evaluar el impacto de medio ambiente de la mejora, tiene un puntaje de 131 puntos, lo cual indica que es positivo.

4.3.2. Otros impactos

En esta sección se observa que la mejora tiene menor riesgo en cuanto a los impactos legal político, económico, social cultural y tecnológico. Es decir que, al implementar la mejora, la empresa debe mantenerse informado de tal manera que se disminuya estos riesgos que podrían afectar a la empresa en su rentabilidad y competitividad, así como tener información correcta de la gestión correcta de inventarios en la empresa.

Tabla 54: Impacto Legal-Político

FACTOR DE RIESGO LEGAL-POLÍTICO									
POSIBLES CAUSAS: El riesgo político es el cual los inversionistas, corporaciones y gobiernos enfrentan cuando las decisiones políticas, los eventos o las condiciones afectarán significativamente la rentabilidad de un actor empresarial o el valor esperado de una determinada acción económica.									
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Información nacional e internacional. Deben mantenerse informados.									
RIESGO A EVALUAR:		Baja operatividad	por	posible cambio en el ámbito legal-político					
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					
POTENCIAL	x	REAL		FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o mas despidos E5	Daño grave en infraestructura a interrupción regional.	Contaminación Irreparable.	Internacional E1	5	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Despido parcial permanente	Daños mayores	Contaminación mayor	Nacional E2	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Ausencia temporal (+ 1 día) E3	Daños severos. Interrupción Temporal D3	Contaminación localizada	Regional E2	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Ausencia menor	Daños importantes interrupción breve E2	Efecto menor	Local E2	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
	Ausencia (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto E1	Interna E2	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:		MP:		FECHA:					

Elaboración propia

Tabla 55: Impacto Económico

FACTOR DE RIESGO ECONÓMICO										
POSIBLES CAUSAS: el riesgo económico se refiere al riesgo de que una empresa sea económicamente insostenible, debido a varias razones que van desde una alteración en las tendencias económicas hasta actividades fraudulentas que arruinan el resultado de un proyecto.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Evaluación de clientes si es que se acepta pagos en cuotas o al crédito. Mantenerse informado de la normativa nacional e internacional.										
RIESGO A EVALUAR:		Pérdidas	por	riesgo económico						
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)						
POTENCIAL	☒		REAL	☐	FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSEJERÍA NACIONAL DE ASISTENCIA SOCIAL	Sin pago E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional E1	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Pago parcial permanente E4	Daños mayores E4	Contaminación mayor	Nacional D3	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Pago temporal (> 1 día) D3	Daños severos. Interrupción Temporal D2	Contaminación localizada	Regional C2	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Pago menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve E2	Efecto menor	Local C2	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Pago funcional (afecta rendimiento laboral) D3	Daños leves. No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:		MP:		FECHA:						

Elaboración propia

Tabla 56: Impacto Social cultural

FACTOR DE RIESGO SOCIAL CULTURAL										
POSIBLES CAUSAS: Posibles conflictos socio culturales en el paso de productos por regiones, pobladores en contra de productos										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenerse informado, comunicación con ciudadanos										
RIESGO A EVALUAR:		Conflictos sociales por comercio	por	Social - cultural						
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)						
POTENCIAL	☒		REAL	☐	FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSEJERÍA NACIONAL DE ASISTENCIA SOCIAL	Una o mas muertes E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día) D3	Daños severos. Interrupción Temporal D3	Contaminación localizada	Regional D3	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve E2	Efecto menor	Local E2	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) E2	Daños leves. No Interrupción E2	Sin efecto E1	Interna E2	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:		MP:		FECHA:						

Elaboración propia

Elaboración propia

208

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Al implementar las herramientas de Lean Manufacturing, se ha incrementado el nivel de servicio de 90.28% a 94.25%, siendo el ideal de la empresa mayor que 95% y se redujo los productos no conformes de 11.29% a 6.61%, siendo el ideal de la empresa de 5%.
- El OEE se incrementó de 66.56% a 72.94%, al incrementar los factores de disponibilidad y calidad.
- El análisis económico y financiero demostró la viabilidad del proyecto, ya que el valor actual neto del proyecto resultó mayor a cero ($VAN = S/49,237.87$), la tasa de retorno es mayor al COK ($TIR=20.49\%$ y el periodo de recuperación es de corto plazo ($PAYBACK \geq 4$ año).
- La importancia de la metodología Lean, su aplicabilidad y el grado de impacto que puede tener en el desarrollo del área de producción a través de la aplicación sus herramientas VSM, DAP, la estandarización de proceso, Balance de línea y 5'S permitió identificar las actividades que no agregan valor al flujo, cuellos de botellas, actividades repetitivas y tomar acción correctiva sobre estas.
- La empresa, con la implementación del proyecto deberá estar en la capacidad de reducir el nivel de rechazos por producto no conforme y; de esta manera fidelizar al cliente con el objetivo incrementar la utilidad.
- El equipo responsable LEAN, debe dar seguimiento a la ejecución de estas buenas prácticas, sensibilizando a todos los colaboradores de la empresa.

5.2 Recomendaciones

- Para el éxito de la implementación de la metodología propuesta, todos los colaboradores de la empresa deben involucrarse con el cambio.
- Realizar un plan de inspecciones diarias para evaluar el seguimiento del funcionamiento de equipos aplicando el mantenimiento preventivo.
- Utilizar repuestos que ayuden a preservar la funcionalidad y vida útil del activo.
- Desarrollar o fortalecer un área de calidad para lograr un mejor análisis técnico de las fallas o especificaciones técnicas que contribuyan con la confiabilidad de los productos.
- Supervisar la ejecución los indicadores para verificar el cumplimiento de las actividades y; partir de estos tomar acciones correctivas de corto plazo.

6. REFERENCIAS

- Acosta-Ramos, Alejandra y Martínez-López, Joel (2012) Productividad del aserrado de machiche (*Lonchocarpus castilloi* Standl), en Tres Garantías, Quintana Roo, México, pp. 7-26. En: Madera y bosques, vol. 18, No.2. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000200002
- ALONSO, C. (2014) “Orientaciones para implementar una gestión basada en procesos”. Recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=19&sid=df539f0a-a1a2-466c-b124-add3ecefbd91%40sessionmgr101&hid=119&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=108922112&db=a9h>
- AMAYA, J. (2011) “Toma de decisiones gerenciales”. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?docID=10467109>
- Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). Lean service: reassessment of Lean manufacturing for service activities. *Procedia engineering*, 132, 23-30. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581504374X>
- ARRIETA POSADA, J. G., BOTERO HERRERA, V. E., MARTÍNEZ, R., & JIMENA, M. (2010) “Benchmarking sobre Lean Manufacturing (Lean Manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*”. Recuperado de: <http://www.esan.edu.pe/publicaciones/2010/06/04/07.pdf>
- Arslankaya, S., & Atay, H. (2015). Maintenance management and Lean manufacturing practices in a firm which produces dairy products. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 207, 214-224. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815052234>
- Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. *Procedia Manufacturing*, 13, 1112-1119. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917308107>
- CAPUZ LLANDRÓ, Rafael (2008) *Materiales orgánicos maderas*. Valencia. UPV

- CHAVEZ VALENCIA, Luis Elías y otros (2010) Determinación de la calidad de la madera de construcción, pp. 5-13. En: Acta universitaria - Universidad de Guanajuato, vol. 20, No. 2. Recuperado de: <http://biblat.unam.mx/es/revista/acta-universitaria-universidad-de-guanajuato/articulo/determinacion-de-la-calidad-de-la-madera-de-construccion>
- CUATRECASAS, E. (2012).” Logística: Gestión de la cadena de suministros”. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?docID=11046670>
- CUATRECASAS, L. (2012). “Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva”. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?docID=10862551>
- D'ALESSIO IPINZA, F. (2012) “Administración de las operaciones productivas : un enfoque en procesos para la gerencia”. Recuperado de: <http://caliope.pucp.edu.pe/uhtbin/cgisirsi/?ps=z70SHY12em/CENTRAL/59510200/9>
- DÍAZ, M.P. (2012) “Revisión de Modelos de Madurez: Estrategia de Evaluación del Desempeño para Empresas de Manufactura”. Recuperado de: [http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=22&sid=df539f0a-a"1a2-466c-b124-add3ecefbd91%40sessionmgr101&hid=119&bdata=Jmxhbm9ZXMmc210ZT11ZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=88456090&db=a9h](http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=22&sid=df539f0a-a)
- DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (DRAE) (2016) Sitio web oficial de la DRAE; contiene información de referencia de significado de palabras. Recuperado de: <http://www.rae.es/>
- Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre (DGFFS) (2012) Línea base para estudio sobre la industria forestal maderera en el Perú: Informe de resultados para cuantificación de parque industrial. Lima
- ELIASSON, Lars y otros (2015) Some aspects on the more efficient use of Wood in the industrial manufacture of single-family timber houses, pp. 418-425. En: PRO LINGO, vol. 11, No. 4. Recuperado de: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/112167876/some-aspects-more-efficient-use-wood-industrial-manufacture-single-family-timber-houses>
- Esteves Magalhães, Washington Luiz y otros (2010) Estudio de la productividad de corte en madera *Pinus Elliottii* utilizando un prototipo de aserradero portátil, pp. 43-52. En: Revista Maderas, Ciencia y Tecnología, vol. 12, No. Recuperado de:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2010000100005

- ESTRADA MÁRQUEZ, Guillermo Miguel y otros (2013) Enfoque de gestión por procesos en la mejora de la calidad. Estudio de caso en la fabricación de piezas de repuesto, pp. 1-12. En: Revista Infociencia, vol. 17, No. 1. Recuperado de: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=2a498d89-336e-4e52-a100-f3c458638c12%40sessionmgr105&vid=2&hid=107>
- ETMETMAN, M.(2015) “Implementation of Lean manufacturing principles in the process industry: a case study”. Recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=37&sid=df539f0a-a1a2-466c-b124-add3ecefbd91%40sessionmgr101&hid=119&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=110471249&db=egs>
- FAO (2018). La Industria de la Madera en el Perú. FAO <http://www.fao.org/3/I8335ES/i8335es.pdf>
- FASSOLA, Hugo y otros (2011) Estudio preliminar del rendimiento en el aserrado de rollizos de rodales de Pinus Taeda L. con distintos regímenes silvícolas. En: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de: <http://inta.gob.ar/documentos/estudio-preliminar-del-rendimiento-en-el-aserrado-de-rollizos-de-rodales-de-pinus-taeda-l.-con-distintos-regimenes-silvicolas>
- FEIZZOLA JIMÉNEZ, Heriberto y LUNA AMAYA, Carmenza (2014) Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico, pp. 263-277. En: Reviste chilena de ingeniería, vol. 22, No. 2. Recuperado de: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=c7d2d145-b086-4d56-89ba-b0a00ff7f0a9%40sessionmgr4007&vid=4&hid=4209>
- GILLET, F. (2014). “La caja de herramientas: control de calidad”. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?docID=11013635>
- GINER FILLOL, Arturo y RIPOLL FELIU, Vicente M. (2011) Análisis de la gestión por procesos y por competencias a través de la perspectiva de procesos y de aprendizaje y crecimiento: la experiencia de la autoridad portuaria de Valencia, pp. 114-129. En: Revista Universo Contábil, vol. 7, No. 2. Recuperado de: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b6219d4e-b50e-4339-baa9-9ff6b4273dd3%40sessionmgr105&vid=1&hid=107>

- GONZÁLES, C. & DOMINGO, R. & PERÉZ, M. (2013). “Técnicas de mejora de la calidad”. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?docID=10803889>
- GOÑI, J. (2014). “Las rutas de la innovación en manufactura”. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?docID=11038952&ppg=3>
- Helleno, A. L., de Moraes, A. J. I., & Simon, A. T. (2017). Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. *Journal of cleaner production*, 153, 405-416. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616321291>
- Hernández-Herrera, José Antonio y otros (2014) Análisis dimensional para determinar volumen y peso de madera de mezquite (*Prosopis L.*), pp. 155-161. En: *Madera y bosques* vol. 20, No. 3. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712014000300013
- HERRERA, D. & ARMAS, A. (2012) “Análisis de los diferentes métodos de mejora continua” (2012)
- INEI (2019). Producción Nacional Informe Técnico Julio 2019, publicado mes de Septiembre de 2019 https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/09-informe-tecnico-n09_produccion-nacional-jul2019.pdf
- JASTI, N. (2015) “Lean production: literature review and trends”. Recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=31&sid=df539f0a-a1a2-466c-b124-add3ecefbd91%40sessionmgr101&hid=119&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=99712751&db=bth>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & del Mar Espinosa, M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety science*, 78, 163-172. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753515001149>
- Korpunen, Heikki y otros (2010) An Activity-based costing method for sawmilling, pp. 420-431. En: *Forest Products Journal*, vol. 60, No. 5. Recuperado de: <http://search.proquest.com/openview/f2b578d21b77c346df1d46246c66f801/1?pq-origsite=gscholar>

- KRAM, M. & TOSANOVIC, N. (2015) “Kaizen approach to supply chain management: First step for transforming supply chain into Lean supply chain” Recuperado de: <http://search.proquest.com/docview/1655118089/FB1FC3E967C4D10PQ/11?accountid=43860>
- KRUMINS, Janis y otros (2011) Use of timber resources for development of wood processing industry, pp. 78-84. En: Forest Sciences. Recuperado de: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b95a88c2-5e35-4528-ae6a-934c62387402%40sessionmgr4006&vid=4&hid=4209>
- LIASSON, Lars y otros (2015) Some aspects on the more efficient use of wood in the industrial manufacture of single – family timber houses, pp. 418-425. En: Pro Ligno Vol. 11. Recuperado de: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/112167876/some-aspects-more-efficient-use-wood-industrial-manufacture-single-family-timber-houses>
- MASTRANDREA, Ciro y ALBERTI, Sebastián (2009) Características de las trozas de *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex Maiden) y su relación con el rendimiento de aserrado. En: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de: <http://inta.gob.ar/documentos/caracteristicas-de-las-trozas-de-eucalyptus-grandis-w.-hill-ex-maiden-y-su-relacion-con-el-rendimiento-de-aserrado>
- Mayr, A., Weigelt, M., Köhl, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0-A conceptual conjunction of Lean management and Industry 4.0. *Procedia Cirp*, 72, 622-628.
https://www.researchgate.net/profile/Andreas_Mayr8/publication/326020401_Lean_4_0_-_A_conceptual_conjunction_of_Lean_management_and_Industry_40/links/5b366d63a6fdcc8506df9060/Lean-40-A-conceptual-conjunction-of-Lean-management-and-Industry-40.pdf
- Ministerio de agricultura (MINAGRI) (2016) Sitio web oficial de MINAGRI; contiene información sobre la institución y enlaces de interés. Recuperado de: http://www.serfor.gob.pe/portal/pdf/estadistica_forestal/estadistica-2000-2010-.pdf
- Mílkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization—one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*, 149, 329-332. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816311845>

- Monteoliva, Silvia y otros (2012) Contenido de duramen y de albura en Eucalyptus Globulus y Acacia Melanoxylon implantada en Argentina, pp. 53-63. En: Maderas, Ciencia y Tecnología, vol. 14, No. 1. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2012000100005
- MONTERO MATEOS, Luis (2012) Apuntes sobre tecnología de la madera. Madrid: Bellisco.
- Mourtzis, D., Papathanasiou, P., & Fotia, S. (2016). Lean rules identification and classification for manufacturing industry. *Procedia CIRP*, 50, 198-203. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116302840>
- NÁJERA LUNA, Juan Abel y otros (2010) Rendimiento volumétrico y calidad dimensional de la madera aserrada en aserraderos del Salto, Durango, pp. 77-91. En: Revista mexicana de ciencias forestales, vol. 2, No. 4. Recuperado de: (http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322011000200007)
- Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016). Re-engineering Assembly Line with Lean Techniques. *Procedia CIRP*, 40, 590-595. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116001542>
- NORMA ISO 9001:2015 (2015). "Impacto de la norma ISO en la ingeniería". Recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=13&sid=df539f0a-a1a2-466c-b124-add3ecebfd91%40sessionmgr101&hid=119&bdata=Jmxhbmc9ZXMMmc2l0ZT1lZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=113780827&db=fua>
- NORMA ISO TC 176/SC 2/N 544R. (2013). "ISO 9001 para la pequeña empresa: recomendaciones del Comité Técnico ISO/TC 176". Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/detail.action?docID=10853745&p00=norma+iso+tc+176>
- Oleghe, O., & Salonitis, K. (2016). Variation modeling of Lean manufacturing performance using fuzzy logic based quantitative Lean index. *Procedia CIRP*, 41, 608-613. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116000196>
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082-1089. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917307746>

- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The implementation of 5S Lean tool using system dynamics approach. *Procedia CIRP*, 60, 380-385.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117300586>
- PALACIOS ACERO, L. (2011) “Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos”. Recuperado de: <http://caliope.pucp.edu.pe/uhtbin/cgisirsi/?ps=Lu8xwCJqc5/CENTRAL/59510200/9>
- PEREZ FERNÁNDEZ D.V, J. (2012). “Gestión por procesos”. Recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=9&sid=df539f0a-a1a2-466c-b124add3ecefbd91%40sessionmgr101&hid=119&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZH MtbGl2ZQ%3d%3d#AN=pucp.a529353&db=cat02225a>
- PERÚ. Congreso de la Republica (1997) Decreto Ley 26821: Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
- PERÚ. Congreso de la Republica (2015) Decreto Ley 29763: Ley Forestal y de Fauna Silvestre.
- QUIRÓS, Rodolfo y otros (2005) Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales, pp. 7-15. En: *Revista Agronomía Costarricense*, vol. 29, No. 2. Recuperado de: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012035817>
- RAJADELL CARRERAS, M. (2011) “Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad”. Recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=4&sid=d3ce3da5-942f-47c2-9bec38ed72922afa%40sessionmgr102&hid=127&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZH MtbGl2ZQ%3d%3d#AN=pucp.a492891&db=cat02225a>
- Rohani, J. M., & Zahraee, S. M. (2015). Production line analysis via value stream mapping: a Lean manufacturing process of color industry. *Procedia Manufacturing*, 2, 6-10.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915000037>
- Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017). Application of Lean production principles and tools for quality improvement of production processes in a carton company. *Procedia manufacturing*, 11, 1069-1076.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304262>

- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 11, 1035-1042. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304225>
- SALGUERIO, A. (2015) “Indicadores de gestión y cuadro de mando”. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?docID=11335881>
- SERRANO.L. (2012) “Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño”. Recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=16&sid=df539f0a-a1a2-466c-b124-add3ecebfd91%40sessionmgr101&hid=119&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=S0123592312700037&db=edselp>
- SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE (SERFOR) (2016). Recuperado de: <http://www.serfor.gob.pe/>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611-622. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918312204>
- STACHÚ, W. (2011). “Identificación de la pino radiata y bolainamática mediante Pareto e Ishikawa”. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?docID=10316210>
- TEIXEIRA, H. N., LOPES, I., & SOUSA, S. (2015). Prioritizing quality problems in SMEs: a methodology. *The TQM Journal*, 27(1), 2-21. <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/TQM-12-2012-0107>
- THURSTON, J. (2016) “The Principles of Lean Manufacturing”. Recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=28&sid=df539f0a-a1a2-466c-b124-add3ecebfd91%40sessionmgr101&hid=119&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=116902969&db=bth>
- VALENZUELA, Paulina y otros (2012) Fractura en madera de Eucalyptus Nitens: efecto de las propiedades mecánicas a nivel estructural y de la anatomía celular, pp. 225-238. En: *Maderas, Ciencia y Tecnología*, vol. 14, No. 2. Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2012000200009

- WELLS, Anna (2011) 5Alive Ramp up your production efficiency by looking at how dense storage with visual organization can help eliminate searching waste, pp. 32-33. Recuperado de : <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b2383d03-a449-4e2d-a9c7-e1850b37d273%40sessionmgr104&vid=8&hid=107>
- YAN, T. (2015) “Implementing Lean standard work to solve a low work-in-process buffer ppino radiata y bolainam in a highly automated manufacturing environment”. Recuperado de: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=40&sid=df539f0a-a1a2-466c-b124-add3ecefbd91%40sessionmgr101&hid=119&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=100936068&db=bth>
- Yang, T., Kuo, Y., Su, C. T., & Hou, C. L. (2015). Lean production system design for fishing net manufacturing using Lean principles and simulation optimization. *Journal of Manufacturing Systems*, 34, 66-73.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612514001393>

7. ANEXOS

Anexo 1. Propuesta de Modelos para Formatos de implementación 5'S.....	221
Anexo 2. Modelo propuesto de Manual de estandarización de aplicación de 5'S.....	225
Anexo 3. Modelo propuesto de Tarjeta Roja 5'S.....	226
Anexo 4. Principio de las 3F y las 3 claves de la organización	227
Anexo 5. Pautas para organización artículos necesarios.....	228
Anexo 6. Tabla de asignación de responsabilidades de limpieza	229
Anexo 7. Lista de Chequeo para auditorías de 5's.....	230
Anexo 8. SLOGAN para implementación de 5's.....	234
Anexo 9. Programación Anual de Capacitación 5's	236
Anexo 10. Cronograma del proyecto	237
Anexo 11. Carta de Autorización.....	238
Anexo 12: Datos actuales para simulación Arena.....	239
Anexo 13: Datos del proceso de mejora (pronóstico) para simulación Arena.....	242
Anexo 14: Cálculo del COK	245

Anexo 1. Propuesta de Modelos para Formatos de implementación 5'S
Check List de Descarte (F-CAL-016)

Área: <input type="text"/>		Fecha: <input type="text"/>		
Nº	CARACTERISTICAS DEL DESCARTE	SI	NO	OBSERVACIONES
1	Existen objetos innecesarios en el área de trabajo			
2	Existe algún material u objeto bueno, cerca de lo inútil.			
3	Existe algún material sin usar hace mucho tiempo en el área.			
4	Existe chatarra, material fuera de servicio o en desuso en esta área.			
5	Existe algún objeto de personal fuera de su sitio.			
6	Existe algún material, equipo para ser recuperado y/o reparado.			
7	Existe algún mini depósito que pueda ser eliminado.			
8	Cuáles con los materiales que pueden ser eliminados			
9	Cuales son los materiales que deben ser recuperados.			
10	Que materiales pueden ser aprovechados por otras áreas			
11	Existen papeles, formularios pasados e informaciones innecesarias.			
12	Existe cantidad excesiva de útiles en su puesto de trabajo			

Elaboración propia, Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Lista de elementos innecesarios (F-CAL-017)

AREA:						
ITEM No.	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTO INNECESARIO	UBICACIÓN	CANTIDAD ENCONTRADA	POSIBLES CAUSAS	ACCIÓN SUGERIDA PARA SU ELIMINACIÓN	FECHA CIERRE DE ACCIÓN

Elaboración propia, Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Registro Tarjetas Rojas 5 'S (F-CAL-019)

NÚMERO DE TARJETA	FECHA DE ETIQUETACIÓN	NOMBRE DE ARTICULO	ÁREA	RAZÓN	DISPOSICIÓN	ESTADO (NUEVA UBICACIÓN, COMPLETO?)	FECHA

Elaboración propia, Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Programa de Implementación (F-CAL-020)

OBJETIVO :									
AREA :									
RESPONSABLE :									
Nº	ACTIVIDADES	Programación de Actividades							Verificación de Resultados
		Mes	de			de			

GERENTE GENERAL

RESPONSABLE DEL AREA

Elaboración propia, Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Programa de mantenimiento y señalización de planta y almacén (F-CAL-022)

ANO:

ITEM	AREA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	PLANTA	P			P			P			P		
2	ALMACENES	P			P			P			P		

CONTROL													
1	FECHA DE EJECUCIÓN												
2	FECHA DE EJECUCIÓN												

Elaboración propia, Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Anexo 2. Modelo propuesto de Manual de estandarización de aplicación de 5'S

Objetivo general

Dar direccionalidad a las acciones de implementación sostenible de las 5S, mediante un instrumento dotado de las pautas requeridas para su aplicación de manera efectiva, ágil y sencilla.

Objetivos específicos

La correcta aplicación de las 5S contribuirá a generar impactos importantes en:

Aumento de productividad

- a) Reducir Lead-times en procesos de manufactura y servicios, mejorando tiempos de entrega.
- b) Reducir tiempos muertos en fábricas, talleres y oficinas, mediante aplicación de conceptos de gerencia visual o localización por defecto.
- c) Reducir tiempos de alistamientos (set-up) en máquinas y equipos.
- d) Reducir tiempos de acceso a materiales, documentos, herramientas y otros recursos utilizados en los procesos.

Aumento de la calidad

- a) Reducir errores humanos en procesos, por consiguiente, el porcentaje de unidades defectuosas en productos y servicios.
- b) Reforzar estandarización de los procesos de manufactura y/o servicios.

Reducción de costos

- a) Mejorar gestión de inventarios.
- b) Disminuir pérdidas por obsolescencia de inventario.
- c) Disminuir riesgos potenciales de accidentes laborales, en consecuencia, reducir costos asociados a los mismos, así como, a enfermedades ocupacionales.
- d) Eficientizar uso del espacio físico en las instalaciones (Economía de espacio).
- e) Extender vida útil de herramientas y equipos.

Elevar moral del trabajador

- a) Fomentar empoderamiento del personal involucrado, a fin de promover niveles de sinergia que faciliten el proceso de implementación.
- b) Dignificar el puesto de trabajo.
- c) Fomentar identificación y compromiso del personal, con equipos, herramientas, instalaciones y recursos de la empresa en general.
- d) Fomentar cooperación y trabajo en equipo.

Sentar las bases para implantación de sistemas de gestión de la calidad ISO-9000, así como de otros sistemas de gestión del mejoramiento empresarial.

Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Anexo 3. Modelo propuesto de Tarjeta Roja 5'S

No. _____

TARJETA ROJA 5'S

Información Gen-

Propuesta por _____ Responsable de área _____

Area / Depto. _____

Descripción de artículo _____

CATEGORIA

☐ Máquina/Equipo	☐ Material gastable
☐ Herramienta	☐ Materia prima
☐ Instrumento	☐ Trabajo en proceso
☐ Partes eléctricas	☐ Producto terminado
☐ Partes mecánicas	☐ Otros

OTROS/COMENTARIO _____

RAZON DE TARJETA

☐ Innecesario	☐ Defectuoso
☐ Fuera de especificaciones	☐ Otros

Otros _____

ACCION REQUERIDA

☐ Eliminar
☐ Agrupar en espacio separado
☐ Retornar

Otros: _____

Fecha inicio __/__/__ Final de la acción __/__/__

Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal,

Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Anexo 4. Principio de las 3F y las 3 claves de la organización

Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi

Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Anexo 5. Pautas para organización artículos necesarios

FRECUENCIA DE USO	COLOCAR
Muchas veces al día	Colocar tan cerca como sea posible
Varias veces al día	Colocar cerca del usuario
Varias veces por semana	Colocar cerca del área de trabajo
Algunas veces al mes	Colocar en áreas comunes
Algunas veces al año	Colocar en almacén o en archivos
No se usa, pero podría usarse	Guardar etiquetado en archivo muerto o área para tales fines

Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal,

Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Anexo 6. Tabla de asignación de responsabilidades de limpieza

ÁREA DE OPERACIONES						
DÍA	NOMBRE	MÁQUINA 1	MÁQUINA 2	PISOS	REPUESTOS Y HERRAMIENTAS	ESTACIONES DE TRABAJO
LUNES	OSCAR	X		X		X
MARTES	ROGER		X			X
MIÉRCOLES	ELIAS		X		X	
JUEVES	MARIO	X		X		
VIERNES	ANA		X			
SÁBADO	CARLOS	X			X	X

Elaboración propia, Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Anexo 7. Lista de Chequeo para auditorías de 5's
Área Administrativa

LISTA DE CHEQUEOS 5S (OFICINA)			AUDITOR: _____					
			DEPARTAMENTO: _____					
			Calificación (Actual) /100	Calificación (Anterior) /100	Fecha / /			
5S	No.	ITEM A EVALUAR	CRITERIO DE EVALUACION	CALIFICACION				
				0	1	2	3	4
C L A S I F I C A R	1	Archivos	Documentos no clasificados (en archivos físicos y virtuales)					
	2	Escritorios	Documentos, equipos, material gestable innecesario en tops o gavetas.					
	3	Control visual	Artículos o documentos innecesarios pueden ser identificados a simple vista.					
	4	Estándares para descartar	Evidencia de estándares para descartar documentos y equipos.					
	(/20)	5	Regla para desechar	Evidencias de normas para desechar items innecesarios.				
O R G A N I Z A R	6	Rótulos lugares de almacenamiento	Rótulos de lockers y equipos permiten fácil identificación.					
	7	Etiquetas de documentos	Son los documentos fácilmente identificables y localizables.					
	8	Gavetas de escritorio	Mezcla de documentos y artículos sin afinidad de uso.					
	9	Organización de equipos y documentos	Todo tiene un lugar fijo y está siempre en su lugar.					
	(/20)	10	Documentos y equipos	Ubicados según frecuencia y secuencia de uso.				
L I M P I A R	11	Piso	Piso limpio, sin polvo, manchas, ni basura.					
	12	Polvo y sucio	Ventanas, puertas, rincones etc. libres de polvo y suciedad.					
	13	Limpieza habitual	Es evidente el uso de herramientas de limpieza.					
	14	Herramientas de limpieza	Todo tiene un lugar fijo y está siempre en su lugar.					
	(/20)	15	Equipos de oficina	Archivos, computadoras, sumadores, teléfonos, etc. sin polvo, grasa, ningún otro tipo de suciedad.				

Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi

Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

LISTA DE CHEQUEOS (OFICINA)			AUDITOR _____					
			DEPARTAMENTO _____					
			Calificación (Actual) /100	Calificación (Anterior) /100	Fecha / /			
5 S	No.	ITEM A EVALUAR	CRITERIO DE EVALUACION	CALIFICACION				
				0	1	2	3	4
E S T A N D A R I Z A R (20)	16	Evidencia de sostenibilidad de 3 primeros S.	Identificar normas y recursos para mantener clasificación, organización y limpieza.					
	17	Evidencia de patrullas o auditorías de 3 S.	Ver físicamente secuencia de registros de auditorías realizadas.					
	18	Evidencia de algún tipo incentivo por avances de 3 S. logrados.	Competencias departamentales, premios metálicos y no metálicos, pargamintos (por áreas).					
	19	Evidencias de reuniones de seguimiento para tratar asuntos relativos al avance del proceso 3 S.	Agendas de reuniones realizadas.					
	20	Evidencias de compromiso de alta gerencia y los demás involucrados.	Verificar nivel de involucramiento y compromisos de alta gerencia y el resto de los colaboradores.					
O I S C I P L I N A R (20)	21	Regulaciones y normas	Todas las regulaciones y normas son estrictamente observadas.					
	22	Interacción entre compañeros.	¿Hay una atmósfera laboral agradable?, ¿Se tratan las personas con respeto y cortesía?					
	23	Hórrica de comidas, reuniones, eventos, etc.	¿Hacen todos esfuerzos por ser puntuales?					
	24	Equipos de oficina	Regularmente dejan encendidos, sumadores, computadores, luces, etc.					
	25	Comer, beber, fumar	En áreas no destinadas a tales fines.					

Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi

Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Área de Producción

LISTA DE CHEQUEO 5S (GERENCIA DE PRODUCCION)			AUDITOR _____						
			DEPARTAMENTO _____						
			Calificación (Actual) /100	Calificación (Anterior) /100	Fecha / /				
5S	No.	ITEM A EVALUAR	CRITERIO DE EVALUACION	CALIFICACION					
				0	1	2	3	4	
C L A S I F I C A R (20)	1	Materiales y partes	Existencia y trabajo en proceso innecesarios.						
	2	Máquinas y equipos	Todas las máquinas y partes de equipos están regularmente en uso.						
	3	Herramientas, moldes y plantillas.	Todas las herramientas de ajustes, cortes, moldes, etc., están regularmente en uso.						
	4	Control visual	Todo lo que es innecesario en el área de trabajo, se pueda distinguir a simple vista.						
	5	Estándares para descartar artículos	Hay estándares claros para eliminar excedentes.						
O R G A N I Z A R (20)	6	Rótulos áreas de almacenamiento	Rótulos que identifiquen todas las áreas de almacenamiento.						
	7	Rótulos en trameas, y artículos almacenados	Todas las trameas, anaqueles y artículos almacenados están claramente rotulados.						
	8	Indicadores de cantidad	Hay claras indicaciones de stocks máximos y mínimos.						
	9	Líneas de señalización	Están las áreas señalizadas mediante líneas divisorias blancas en los pisos.						
	10	Instrumentos y herramientas	Instrumentos y herramientas están organizados, de modo que facilite su localización y retorno.						
L I M P I A R (20)	11	Piso	Está el piso limpio y sin basura.						
	12	Máquinas	Se mantienen las máquinas limpias.						
	13	Limpieza y chequeo	Limpieza e inspección de mantenimiento son conceptos indistintos.						
	14	Responsabilidad de limpieza	Hay rotación o sistema de turnos para la limpieza.						
	15	Máquinas, equipos, moldes, herramientas	Sin polvo, grasa, ningún otro tipo de suciedad.						

Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi

Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

LISTA DE CHEQUEO 5S (GERENCIA DE PRODUCCION)			AUDITOR _____ DEPARTAMENTO _____					
			Calificación (Actual) /100	Calificación (Anterior) /100	Fecha / /			
5S	No.	ITEM A EVALUAR	CRITERIO DE EVALUACION	CALIFICACION				
				0	1	2	3	4
E S T A N D A R I Z A R (20)	16	Evidencia de sostenibilidad de 3 primeras S.	Identificar normas y recursos para mantener clasificación, organización y limpieza.					
	17	Evidencia de patrullas o auditorías de 5 S.	Ver físicamente secuencia de registros de auditorías realizadas.					
	18	Evidencia de algún tipo incentivo por avances de 5 S. logrados.	Competencias departamentales, premios metálicos y no metálicos, pergaminos (por áreas).					
	19	Evidencias de reuniones de seguimiento para tratar asuntos relativos al avance del proceso 5 S.	Agendas de reuniones realizadas.					
	20	Evidencias de compromisos de alta gerencia y los demás involucrados.	Verificar nivel de involucramiento y compromiso de alta gerencia y el resto de los colaboradores.					
D I S C I P L I N A R (25)	21	Regulaciones y normas	Todas las regulaciones y normas son estrictamente observadas.					
	22	Interacción entre compañeros.	¿Hay una atmósfera laboral agradable?, ¿Se tratan las personas con respeto y cortesía?					
	23	Horarios de comidas, reuniones, eventos, etc.	¿Hacen todos esfuerzo por ser puntuales?					
	24	Equipos de oficina	Regularmente dejan encendidas, sumadoras, computadores, luces, etc.					
	25	Comer, beber, fumar	En áreas no destinadas a tales fines.					

Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi Lorente J.,

Xavier Aldavert (2016)

Anexo 8. SLOGAN para implementación de 5's

CLASIFICACIÓN	#	SLOGANS	COMENTARIO
NECESIDAD DE 5'S	1	“No solo prepare el cambio, cambie la forma de preparar el cambio”	Crear una atmósfera de apertura para el cambio.
	2	Reducción de costos, a través de eliminación de todo lo que no añade valor en las áreas.	Mientras más desperdicio, mayor costo
5'S EN GENERAL	3	¿Realmente lo necesitas?	El mejoramiento de la eficiencia comienza con la organización
	4	Organizar es estandarizar el almacenamiento.	La buena organización elimina el tiempo gastado en buscar elementos necesarios para las actividades.
CLASIFICAR	5	La tarjeta roja es un medio para exhibir lo innecesario	La tarjeta roja es una táctica de organización visual.
	6	¿Lo necesitamos o no lo necesitamos?	Los estándares para artículos innecesarios deben ser claros.
ORGANIZAR	7	Buena organización significa, fácil de localizar	Clarificar dónde, qué y cuándo
	8	Más disciplina, menos desorden.	La buena organización viene del hábito

LIMPIAR/ESTANDARIZAR/ DISCIPLINAR	9	Constantes averías, limpieza inadecuada	Limpieza es inspección de mantenimiento
	10	Sucio en el piso significa, defectos en abundancia.	La mayoría de los problemas en las fábricas se reflejan en el piso.
	11	Tener todo siempre limpio, es mejor que siempre estar limpiando.	Enfocarse en la eliminación de la suciedad en la fuente.
	12	El compromiso es la pega que mantiene las 5 S unidas.	Quien cuida es una frase tabú en el lugar de trabajo.

Elaboración propia, Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi

Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Anexo 9. Programación Anual de Capacitación 5's

[illegible]

Elaboración propia, Fuente: 5'S Para la mejora continua, Jaume Aldavert, Eduard Vidal, Jordi Lorente J., Xavier Aldavert (2016)

Anexo 10. Cronograma del proyecto

ETAPA	CICLO DE MEJORA CONTINUA PIWA	RESPONSABLE	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
			SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18	SEM 19	SEM 20	SEM 21	SEM 22	SEM 23	SEM 24	SEM 25	SEM 26	SEM 27	SEM 28
1.Elaborar Plan de Implementación de Mejoras aplicando metodología LEAN MANUFACTURING <u>FASE 1</u> <u>FASE 2</u>	P	*Santillán, José Alonso /Consultor Externo *Gerente General /Gerente de Operaciones/Jefe de Producción /Jefe de Logística/Auxiliar de Almacén/Operario																												
2.Implementar Mejoras <u>FASE 3</u> <u>FASE 4</u> <u>FASE 5</u>	H	*Santillán, José Alonso /Consultor Externo *Gerente General /Gerente de Operaciones/Jefe de Producción /Jefe de Logística/Auxiliar de Almacén/Operario																												
3.Evaluar resultados <u>FASE 6</u>	V	*Santillán, José Alonso /Consultor Externo *Gerente General /Gerente de Operaciones/Jefe de Producción /Jefe de Logística/Auxiliar de Almacén/Operario																												
4.Controlar resultados <u>FASE 7</u>	A	*Santillán, José Alonso /Consultor Externo *Gerente General /Gerente de Operaciones/Jefe de Producción /Jefe de Logística/Auxiliar de Almacén/Operario																												

Anexo 11. Carta de Autorización

M & G Pallets S.A.C.
Trabajamos las 24 Horas, para servirle Mejor

Lima, 04 de setiembre del 2018

CARTA DE AUTORIZACIÓN

La Gerencia General de M & G Pallets S.A.C. a través del siguiente documento otorga al señor JOSE ALONSO SANTILLAN DIAZ con DNI N° 70006485, alumno de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) de la Carrera de ingeniería Industrial, disponer de la información confidencial de la empresa para el trabajo de investigación de su proyecto de tesis:

"PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE PARIHUELAS APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA M & G PALLETS S.A.C."

La información requerida para dicho proyecto será extraída de los sistemas utilizados en la empresa.

Este proyecto es otorgado para la obtención del **Título de Ingeniero Industrial por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – UPC.**

Se expide el presente documento en solicitud del interesado para los fines detallados en la presente.

Atentamente,

M & G Pallets S.A.C.
Gloria Zevallos Gutiérrez
Gerente General

Sede: Av. Manuel Valle Km 1.7
Sub lote 5 Parcela D-6 Urb. Buena Vista
Pachacamac, Lima, Perú
Teléfonos: 51(1) 430-3364 Movil: 99817-6137
mpozo@mgpallets.com

Anexo 12: Datos actuales para simulación Arena

Item	Fecha	Lote programa do	Lote fabricado	PNC	Devoluci ón	Traslado a corte	Corte radial	Traslado a segundo corte	Cortador a múltiple	Traslado a cepillado	Cepillado (superior e inferior)	Traslado a armado	Armado	Traslado a almacén de PT	Total	Reproces os por PNC
1	02/01/2018	212	148	64	0	0.33	1.30	0.37	0.15	0.63	0.07	0.59	1.41	0.89	5.74	4.63
2	03/01/2018	218	166	52	1	0.37	1.00	0.29	0.25	0.62	0.08	0.75	1.29	0.95	5.60	3.91
3	03/01/2018	204	190	14	1	0.43	1.76	0.43	0.24	0.90	0.10	0.67	1.81	1.24	7.55	2.71
4	04/01/2018	233	208	25	2	0.42	2.08	0.42	0.21	0.73	0.10	0.73	1.51	1.35	7.54	3.06
5	05/01/2018	195	195	0	1	0.44	1.46	0.44	0.29	0.63	0.10	0.98	1.66	1.22	7.22	0.00
6	06/01/2018	239	201	38	1	0.45	1.51	0.50	0.30	1.01	0.10	1.01	1.41	1.26	7.54	3.58
7	06/01/2018	190	165	25	1	0.33	1.03	0.29	0.29	0.83	0.08	0.70	1.53	0.95	6.02	3.07
8	07/01/2018	237	201	36	1	0.45	1.26	0.30	0.35	0.90	0.10	0.70	1.91	1.31	7.29	3.46
9	08/01/2018	238	204	34	1	0.41	1.89	0.31	0.26	1.02	0.10	1.02	1.38	1.33	7.70	3.44
10	09/01/2018	185	185	0	1	0.42	1.53	0.46	0.28	0.74	0.09	0.65	1.67	1.11	6.94	0.00
11	09/01/2018	164	164	0	0	0.33	1.52	0.25	0.21	0.78	0.08	0.78	1.11	0.98	6.03	0.00
12	13/01/2018	224	179	45	1	0.36	1.16	0.45	0.31	0.58	0.09	0.76	1.39	1.21	6.31	3.74
13	19/01/2018	213	185	28	1	0.37	1.20	0.46	0.19	0.93	0.09	0.65	1.85	1.20	6.94	3.20
14	21/01/2018	213	195	18	1	0.44	1.71	0.34	0.29	0.73	0.10	0.68	1.90	1.32	7.51	2.85
15	22/01/2018	167	167	0	1	0.33	1.80	0.38	0.21	0.63	0.08	0.71	1.17	1.13	6.43	0.00
16	23/01/2018	184	154	30	1	0.31	0.92	0.39	0.15	0.62	0.08	0.62	1.42	1.04	5.54	3.23
17	25/01/2018	207	207	0	1	0.41	1.97	0.36	0.31	0.67	0.10	0.72	1.55	1.40	7.50	0.00
18	26/01/2018	193	193	0	1	0.43	1.83	0.39	0.19	0.92	0.10	0.97	1.30	1.21	7.33	0.00
19	27/01/2018	190	190	0	1	0.43	1.85	0.38	0.29	0.95	0.10	0.95	1.57	1.28	7.79	0.00
20	30/01/2018	222	163	59	1	0.33	1.71	0.29	0.29	0.73	0.08	0.73	1.34	1.10	6.60	4.54
21	31/01/2018	245	209	36	1	0.42	1.31	0.31	0.37	0.68	0.10	0.89	1.52	1.25	6.84	3.33
22	01/02/2018	233	174	59	1	0.35	1.44	0.35	0.22	0.83	0.09	0.61	1.61	1.00	6.48	4.35
23	01/02/2018	150	150	0	1	0.34	1.46	0.38	0.19	0.68	0.08	0.68	0.98	0.90	5.66	0.00
24	02/02/2018	182	182	0	1	0.41	1.73	0.27	0.23	0.77	0.09	0.86	1.27	1.18	6.83	0.00
25	02/02/2018	181	181	0	2	0.41	1.13	0.41	0.18	0.63	0.09	0.63	1.72	1.09	6.29	0.00
26	03/02/2018	189	182	7	1	0.41	1.64	0.32	0.23	0.91	0.09	0.82	1.37	1.05	6.83	2.42
27	03/02/2018	160	160	0	1	0.32	1.52	0.40	0.28	0.52	0.08	0.68	1.12	0.96	5.88	0.00
28	04/02/2018	211	211	0	2	0.42	2.06	0.42	0.32	0.74	0.11	0.74	1.85	1.42	8.07	0.00
29	11/02/2018	210	188	22	0	0.42	2.02	0.28	0.33	0.75	0.09	0.85	1.32	1.27	7.33	3.01
30	12/02/2018	190	190	0	1	0.38	1.19	0.43	0.19	0.71	0.10	0.90	1.52	1.28	6.70	0.00
31	13/02/2018	188	154	34	1	0.35	1.46	0.27	0.15	0.77	0.08	0.77	1.04	0.92	5.81	3.44
32	19/02/2018	229	203	26	2	0.46	1.78	0.30	0.25	0.76	0.10	0.71	1.98	1.37	7.71	3.14
33	19/02/2018	214	165	49	1	0.37	1.65	0.29	0.17	0.58	0.08	0.78	1.53	1.07	6.52	4.09
34	21/02/2018	188	161	27	1	0.32	1.05	0.24	0.20	0.60	0.08	0.72	1.09	1.05	5.35	3.05
35	23/02/2018	210	210	0	1	0.47	2.00	0.53	0.26	1.05	0.11	0.74	1.94	1.31	8.40	0.00
36	25/02/2018	202	202	0	1	0.45	1.92	0.51	0.35	0.66	0.10	0.96	1.77	1.31	8.03	0.00
37	25/02/2018	199	187	12	1	0.42	1.50	0.47	0.19	0.94	0.09	0.89	1.59	1.08	7.15	2.61
38	28/02/2018	191	184	7	1	0.41	1.89	0.37	0.18	0.64	0.09	0.83	1.47	1.06	6.95	2.42
39	01/03/2018	241	186	55	1	0.37	1.86	0.37	0.28	0.65	0.09	0.70	1.67	1.21	7.21	4.29
40	05/03/2018	205	198	7	0	0.40	1.93	0.45	0.35	0.74	0.10	0.79	1.53	1.14	7.43	2.42
41	06/03/2018	227	155	72	1	0.35	1.09	0.27	0.19	0.58	0.08	0.54	1.09	0.93	5.12	4.53
42	07/03/2018	206	206	0	1	0.46	1.44	0.41	0.31	0.98	0.10	0.88	1.49	1.39	7.47	0.00
43	08/03/2018	205	205	0	1	0.41	2.15	0.51	0.31	0.92	0.10	0.72	1.38	1.28	7.79	0.00
44	09/03/2018	217	161	56	1	0.32	1.73	0.32	0.16	0.68	0.08	0.68	1.33	0.93	6.24	4.32
45	10/03/2018	201	149	52	1	0.34	1.45	0.26	0.15	0.75	0.07	0.60	1.38	1.01	6.00	4.25
46	12/03/2018	153	153	0	1	0.31	1.42	0.31	0.23	0.69	0.08	0.69	1.42	0.96	6.08	0.00
47	16/03/2018	174	174	0	0	0.39	1.39	0.35	0.26	0.78	0.09	0.87	1.17	1.00	6.31	0.00
48	17/03/2018	154	154	0	1	0.31	1.12	0.23	0.19	0.50	0.08	0.54	1.00	1.04	5.01	0.00
49	18/03/2018	167	167	0	1	0.38	1.17	0.29	0.21	0.71	0.08	0.58	1.38	1.13	5.93	0.00
50	20/03/2018	202	202	0	1	0.45	1.36	0.40	0.20	1.01	0.10	0.81	1.52	1.26	7.12	0.00
51	24/03/2018	234	168	66	1	0.38	1.47	0.42	0.17	0.80	0.08	0.67	1.43	1.05	6.47	4.70
52	25/03/2018	205	151	54	0	0.34	0.94	0.26	0.19	0.53	0.08	0.76	1.32	1.02	5.44	4.10
53	30/03/2018	217	192	25	1	0.38	1.73	0.34	0.29	0.77	0.10	0.82	1.68	1.30	7.39	3.12
54	30/03/2018	245	146	99	1	0.33	1.13	0.33	0.22	0.62	0.07	0.73	1.31	0.91	5.66	5.99
55	30/03/2018	229	195	34	0	0.39	1.51	0.44	0.29	0.83	0.10	0.83	1.37	1.27	7.02	3.38
56	03/04/2018	200	200	0	1	0.45	1.45	0.40	0.25	0.85	0.10	0.75	1.50	1.15	6.90	0.00
57	06/04/2018	239	143	96	1	0.32	1.00	0.29	0.21	0.64	0.07	0.54	1.04	0.97	5.08	5.56
58	11/04/2018	144	144	0	0	0.32	1.01	0.25	0.14	0.54	0.07	0.68	1.26	0.86	5.15	0.00
59	11/04/2018	144	144	0	0	0.29	1.37	0.22	0.25	0.61	0.07	0.68	1.26	0.97	5.72	0.00
60	13/04/2018	186	186	0	1	0.42	1.44	0.33	0.28	0.60	0.09	0.88	1.49	1.12	6.65	0.00
61	20/04/2018	231	210	21	1	0.47	1.52	0.47	0.37	1.05	0.11	0.95	1.68	1.42	8.03	2.96
62	22/04/2018	216	209	7	1	0.42	2.09	0.31	0.21	0.94	0.10	0.94	1.78	1.41	8.20	2.43
63	24/04/2018	195	195	0	1	0.44	2.05	0.49	0.24	0.63	0.10	0.93	1.85	1.22	7.95	0.00
64	25/04/2018	168	144	24	1	0.32	1.33	0.36	0.25	0.65	0.07	0.50	1.37	0.83	5.69	3.10
65	29/04/2018	177	165	12	1	0.37	1.73	0.33	0.29	0.54	0.08	0.83	1.40	0.95	6.52	2.63
66	30/04/2018	186	186	0	1	0.37	1.72	0.47	0.23	0.93	0.09	0.74	1.49	1.07	7.11	0.00
67	02/05/2018	214	180	34	1	0.36	1.13	0.36	0.27	0.81	0.09	0.86	1.31	1.08	6.26	3.34
68	04/05/2018	199	199	0	1	0.40	1.94	0.35	0.35	0.85	0.10	0.85	1.94	1.14	7.91	0.00
69	05/05/2018	145	143	2	1	0.29	1.43	0.32	0.18	0.54	0.07	0.61	1.07	0.89	5.40	2.23
70	06/05/2018	179	179	0	1	0.36	1.43	0.45	0.18	0.67	0.09	0.76	1.52	1.12	6.58	0.00
71	06/05/2018	199	151	48	1	0.30	0.98	0.30	0.23	0.60	0.08	0.68	1.09	0.87	5.13	3.79
72	06/05/2018	221	205	16	1	0.46	1.38	0.36	0.31	0.77	0.10	0.87	1.90	1.33	7.48	2.74
73	07/05/2018	207	171	36	1	0.34	1.62	0.30	0.26	0.68	0.09	0.81	1.45	1.11	6.67	3.56
74	11/05/2018	249	210	39	2	0.47	2.15	0.37	0.26	0.74	0.11	0.89	1.58	1.26	7.82	3.61
75	12/05/2018	162	162	0	0	0.36	1.30	0.41	0.20	0.77	0.08	0.57	1.13	1.05	5.87	0.00
76	12/05/2018	208	208	0	0	0.42	1.51	0.42	0.36	0.73	0.10	0.83	1.46	1.40	7.23	0.00
77	13/05/2018	239	212	27	0	0.42	1.64	0.53	0.32	0.90	0.11	1.06	1.38	1.22	7.58	3.12
78	13/05/2018	210	210	0	1	0.42	2.26	0.53	0.21	0.68	0.11	0.84	1.52	1.26	7.82	0.00
79	15/05/2018	204	204	0	2											

81	19/05/2018	172	154	18	0	0.31	1.04	0.27	0.19	0.73	0.08	0.54	1.39	0.89	5.43	2.79
82	20/05/2018	160	160	0	1	0.36	1.64	0.24	0.20	0.52	0.08	0.64	1.32	1.00	6.00	0.00
83	20/05/2018	221	156	65	0	0.35	1.33	0.35	0.23	0.74	0.08	0.59	1.37	1.05	6.08	4.69
84	22/05/2018	166	159	7	1	0.36	1.39	0.40	0.16	0.60	0.08	0.60	1.19	0.91	5.68	2.40
85	24/05/2018	208	208	0	1	0.47	1.56	0.36	0.31	0.94	0.10	0.94	1.61	1.40	7.70	0.00
86	25/05/2018	198	181	17	1	0.41	1.90	0.36	0.23	0.68	0.09	0.86	1.67	1.18	7.38	2.85
87	27/05/2018	148	148	0	1	0.33	1.33	0.22	0.22	0.48	0.07	0.52	1.30	1.00	5.48	0.00
88	28/05/2018	205	181	24	1	0.36	1.63	0.32	0.23	0.91	0.09	0.68	1.31	1.22	6.74	3.05
89	29/05/2018	172	162	10	1	0.32	1.42	0.28	0.24	0.69	0.08	0.69	1.42	1.01	6.16	2.53
90	29/05/2018	179	166	13	1	0.33	1.49	0.42	0.17	0.75	0.08	0.83	1.41	0.95	6.43	2.66
91	01/06/2018	244	167	77	0	0.33	1.21	0.42	0.25	0.63	0.08	0.58	1.13	1.00	5.64	4.75
92	09/06/2018	198	194	4	1	0.39	2.04	0.29	0.34	0.73	0.10	0.97	1.70	1.12	7.66	2.31
93	09/06/2018	160	160	0	1	0.32	1.00	0.36	0.28	0.68	0.08	0.64	1.04	1.00	5.40	0.00
94	15/06/2018	147	147	0	1	0.29	1.03	0.26	0.22	0.51	0.07	0.51	1.40	0.99	5.29	0.00
95	15/06/2018	188	188	0	1	0.42	1.60	0.42	0.19	0.89	0.09	0.85	1.46	1.18	7.10	0.00
96	15/06/2018	247	145	102	1	0.33	0.91	0.25	0.25	0.62	0.07	0.58	1.41	0.98	5.40	5.95
97	16/06/2018	218	165	53	1	0.37	0.99	0.33	0.29	0.78	0.08	0.70	1.07	0.95	5.57	3.94
98	17/06/2018	154	154	0	1	0.31	1.42	0.31	0.15	0.50	0.08	0.77	1.08	0.92	5.54	0.00
99	18/06/2018	212	212	0	1	0.42	1.43	0.37	0.21	0.74	0.11	0.95	1.86	1.22	7.31	0.00
100	21/06/2018	179	179	0	1	0.36	1.57	0.27	0.18	0.72	0.09	0.85	1.79	1.21	7.03	0.00
101	23/06/2018	216	205	11	1	0.41	1.79	0.31	0.21	0.67	0.10	0.97	1.90	1.23	7.59	2.56
102	27/06/2018	214	204	10	2	0.46	1.22	0.36	0.26	0.87	0.10	0.92	2.04	1.33	7.55	2.52
103	27/06/2018	224	145	79	1	0.33	1.09	0.29	0.22	0.47	0.07	0.58	1.09	0.87	5.00	4.88
104	29/06/2018	149	149	0	1	0.34	0.97	0.30	0.26	0.71	0.07	0.60	0.97	0.93	5.14	0.00
105	02/07/2018	173	173	0	1	0.39	1.47	0.39	0.26	0.65	0.09	0.65	1.69	1.17	6.75	0.00
106	08/07/2018	151	151	0	1	0.30	1.06	0.30	0.19	0.57	0.08	0.53	1.32	1.02	5.36	0.00
107	12/07/2018	187	187	0	1	0.37	1.36	0.33	0.28	0.70	0.09	0.84	1.68	1.08	6.73	0.00
108	13/07/2018	196	196	0	0	0.39	1.86	0.29	0.25	0.93	0.10	0.74	1.86	1.27	7.69	0.00
109	15/07/2018	245	150	95	1	0.30	1.39	0.38	0.23	0.60	0.08	0.68	0.98	0.94	5.55	5.67
110	19/07/2018	163	163	0	1	0.33	1.14	0.24	0.20	0.61	0.08	0.57	1.06	0.94	5.18	0.00
111	21/07/2018	179	179	0	2	0.36	1.25	0.40	0.27	0.58	0.09	0.63	1.30	1.21	6.09	0.00
112	21/07/2018	147	147	0	0	0.29	1.07	0.33	0.26	0.70	0.07	0.51	1.10	0.99	5.33	0.00
113	22/07/2018	167	167	0	2	0.38	1.09	0.38	0.17	0.67	0.08	0.58	1.67	1.09	6.10	0.00
114	23/07/2018	235	206	29	1	0.46	1.29	0.31	0.36	0.88	0.10	0.77	2.01	1.39	7.57	3.22
115	23/07/2018	188	188	0	1	0.42	1.69	0.28	0.24	0.94	0.09	0.66	1.55	1.08	6.96	0.00
116	25/07/2018	194	194	0	0	0.39	1.60	0.49	0.29	0.92	0.10	0.78	1.70	1.26	7.52	0.00
117	25/07/2018	157	157	0	1	0.31	1.18	0.31	0.27	0.63	0.08	0.67	1.30	0.98	5.73	0.00
118	27/07/2018	172	172	0	1	0.34	1.42	0.30	0.22	0.77	0.09	0.73	1.38	1.16	6.41	0.00
119	03/08/2018	189	169	20	1	0.34	1.65	0.34	0.17	0.59	0.08	0.59	1.35	1.14	6.25	2.89
120	05/08/2018	198	174	24	1	0.39	1.44	0.44	0.26	0.78	0.09	0.78	1.26	1.09	6.53	3.05
121	05/08/2018	229	174	55	1	0.35	1.31	0.26	0.26	0.70	0.09	0.65	1.48	1.09	6.18	4.11
122	06/08/2018	154	154	0	1	0.31	1.39	0.27	0.27	0.50	0.08	0.58	1.46	1.04	5.89	0.00
123	11/08/2018	212	212	0	1	0.48	1.38	0.32	0.32	0.74	0.11	1.06	1.43	1.27	7.10	0.00
124	11/08/2018	170	158	12	0	0.32	1.34	0.24	0.28	0.71	0.08	0.55	1.19	1.03	5.73	2.59
125	15/08/2018	218	147	71	1	0.33	1.10	0.29	0.22	0.74	0.07	0.51	1.10	0.96	5.33	4.73
126	16/08/2018	252	213	39	0	0.48	1.70	0.37	0.27	1.07	0.11	0.91	2.13	1.44	8.47	3.70
127	17/08/2018	225	151	74	1	0.30	1.25	0.34	0.19	0.68	0.08	0.76	1.36	0.94	5.89	5.04
128	18/08/2018	212	212	0	1	0.42	1.43	0.32	0.37	1.01	0.11	0.80	1.48	1.27	7.21	0.00
129	23/08/2018	223	203	20	1	0.41	1.93	0.30	0.30	0.66	0.10	0.81	1.57	1.27	7.36	2.88
130	25/08/2018	200	200	0	1	0.45	2.15	0.40	0.30	0.90	0.10	0.95	1.35	1.20	7.80	0.00
131	26/08/2018	200	200	0	1	0.45	1.75	0.35	0.20	0.80	0.10	0.95	1.85	1.25	7.70	0.00
132	27/08/2018	188	157	31	0	0.31	1.65	0.35	0.16	0.59	0.08	0.59	1.26	1.06	6.04	3.35
133	29/08/2018	220	178	42	1	0.40	1.51	0.40	0.27	0.89	0.09	0.71	1.38	1.20	6.85	3.77
134	30/08/2018	154	154	0	1	0.35	1.35	0.23	0.15	0.65	0.08	0.73	1.35	0.89	5.78	0.00
135	30/08/2018	163	148	15	0	0.33	1.00	0.33	0.19	0.67	0.07	0.74	1.37	0.89	5.59	2.72
136	31/08/2018	230	175	55	1	0.39	1.31	0.44	0.31	0.70	0.09	0.88	1.62	1.05	6.78	4.29
137	02/09/2018	191	191	0	1	0.38	1.86	0.29	0.19	0.67	0.10	0.81	1.38	1.24	6.92	0.00
138	03/09/2018	215	206	9	0	0.46	1.70	0.36	0.26	0.82	0.10	0.88	1.75	1.24	7.57	2.48
139	09/09/2018	187	160	27	1	0.32	1.28	0.28	0.28	0.72	0.08	0.60	1.04	1.04	5.64	3.11
140	10/09/2018	231	171	60	1	0.38	1.50	0.26	0.17	0.77	0.09	0.81	1.62	0.98	6.58	4.46
141	13/09/2018	160	160	0	1	0.32	1.32	0.36	0.16	0.64	0.08	0.56	1.60	0.96	6.00	0.00
142	13/09/2018	233	197	36	1	0.39	1.97	0.34	0.30	0.89	0.10	0.99	1.92	1.28	8.18	3.65
143	13/09/2018	199	168	31	1	0.34	1.22	0.38	0.21	0.55	0.08	0.80	1.26	0.97	5.80	3.22
144	15/09/2018	243	147	96	0	0.33	1.43	0.37	0.18	0.70	0.07	0.59	1.03	0.99	5.70	5.87
145	15/09/2018	170	170	0	0	0.38	1.40	0.38	0.26	0.68	0.09	0.72	1.45	1.02	6.38	0.00
146	17/09/2018	246	192	54	1	0.38	1.25	0.38	0.34	0.62	0.10	0.82	1.92	1.20	7.01	4.13
147	19/09/2018	221	192	29	2	0.43	1.73	0.43	0.24	0.82	0.10	0.96	1.68	1.25	7.63	3.31
148	22/09/2018	174	174	0	1	0.39	1.83	0.44	0.26	0.83	0.09	0.65	1.48	1.17	7.13	0.00
149	30/09/2018	191	191	0	0	0.38	1.48	0.33	0.19	0.86	0.10	0.81	1.38	1.19	6.73	0.00
150	02/10/2018	162	150	12	1	0.30	0.90	0.38	0.23	0.53	0.08	0.56	1.20	0.86	5.03	2.56
151	03/10/2018	205	205	0	1	0.46	1.49	0.36	0.36	0.72	0.10	0.77	1.85	1.28	7.38	0.00
152	04/10/2018	215	150	65	1	0.34	1.39	0.38	0.19	0.71	0.08	0.60	1.35	0.90	5.93	4.72
153	07/10/2018	181	180	1	1	0.36	1.80	0.27	0.18	0.63	0.09	0.86	1.58	1.13	6.89	2.19
154	09/10/2018	236	165	71	1	0.37	1.36	0.33	0.21	0.58	0.08	0.70	1.65	1.11	6.39	4.91
155	10/10/2018	184	168	16	1	0.38	1.81	0.25	0.21	0.67	0.08	0.71	1.68	0.97	6.76	2.80
156	11/10/2018	211	211	0	1	0.47	2.00	0.32	0.21	0.90	0.11	1.06	1.95	1.21	8.23	0.00
157	11/10/2018	211	211	0	2	0.47	1.42	0.42	0.21	0.90	0.11	0.90	2.06	1.27	7.75	0.00
158	17/10/2018	225	193	32	1	0.39	1.79	0.29	0.24	0.72	0.10	0.72	1.79	1.30	7.33	3.37
159	23/10/2018	211	211	0	1	0.47	2.16	0.53	0.32	1.00	0.11	1.06	1.42	1.27	8.33	0.00
160	24/10/2018	164	164	0	1	0.37	1.44	0.33	0.29							

161	24/10/2018	200	200	0	1	0.40	2.05	0.35	0.35	0.85	0.10	0.95	1.75	1.20	8.00	0.00
162	26/10/2018	214	186	28	0	0.37	1.12	0.33	0.33	0.65	0.09	0.65	1.35	1.21	6.09	3.07
163	26/10/2018	250	182	68	1	0.36	1.64	0.27	0.23	0.68	0.09	0.73	1.41	1.18	6.60	4.62
164	27/10/2018	210	210	0	2	0.42	1.63	0.47	0.37	0.84	0.11	1.05	1.52	1.42	7.82	0.00
165	29/10/2018	157	157	0	1	0.35	1.41	0.39	0.27	0.79	0.08	0.67	1.57	1.02	6.55	0.00
166	30/10/2018	164	164	0	1	0.33	1.48	0.37	0.25	0.62	0.08	0.66	1.19	1.11	6.07	0.00
167	01/11/2018	196	196	0	1	0.44	1.57	0.34	0.29	0.74	0.10	0.93	1.67	1.27	7.35	0.00
168	03/11/2018	180	155	25	1	0.35	1.59	0.27	0.23	0.62	0.08	0.74	1.32	1.01	6.20	3.15
169	06/11/2018	252	150	102	1	0.30	1.05	0.38	0.19	0.64	0.08	0.75	1.24	0.90	5.51	5.90
170	09/11/2018	184	174	10	1	0.35	1.04	0.39	0.30	0.65	0.09	0.74	1.65	1.04	6.26	2.51
171	10/11/2018	168	168	0	2	0.38	1.09	0.34	0.29	0.84	0.08	0.59	1.09	0.97	5.67	0.00
172	11/11/2018	200	200	0	2	0.40	1.50	0.45	0.25	0.85	0.10	1.00	1.85	1.35	7.75	0.00
173	11/11/2018	173	173	0	2	0.35	1.51	0.26	0.30	0.61	0.09	0.82	1.21	1.17	6.31	0.00
174	16/11/2018	195	195	0	2	0.39	1.90	0.49	0.34	0.78	0.10	0.73	1.95	1.17	7.85	0.00
175	18/11/2018	157	157	0	0	0.35	1.26	0.27	0.24	0.71	0.08	0.79	1.45	0.90	6.04	0.00
176	18/11/2018	178	178	0	0	0.40	1.20	0.40	0.18	0.76	0.09	0.85	1.60	1.11	6.59	0.00
177	21/11/2018	199	199	0	2	0.45	1.34	0.50	0.35	0.75	0.10	0.75	1.84	1.19	7.26	0.00
178	24/11/2018	161	161	0	1	0.32	1.49	0.32	0.16	0.60	0.08	0.68	1.53	1.09	6.28	0.00
179	24/11/2018	189	189	0	2	0.43	1.37	0.47	0.24	0.95	0.09	0.76	1.46	1.18	6.95	0.00
180	26/11/2018	231	155	76	0	0.35	1.55	0.23	0.19	0.58	0.08	0.74	1.40	0.89	6.01	5.10
181	29/11/2018	194	194	0	1	0.39	1.60	0.29	0.29	0.97	0.10	0.78	1.46	1.12	6.98	0.00
182	30/11/2018	144	144	0	0	0.29	1.44	0.36	0.25	0.61	0.07	0.72	0.94	0.83	5.51	0.00
183	02/12/2018	195	195	0	2	0.44	2.10	0.29	0.24	0.78	0.10	0.83	1.46	1.32	7.56	0.00
184	02/12/2018	161	161	0	1	0.36	1.53	0.24	0.24	0.64	0.08	0.81	1.45	1.09	6.44	0.00
185	05/12/2018	246	181	65	1	0.36	1.27	0.27	0.32	0.68	0.09	0.86	1.58	1.13	6.56	4.51
186	07/12/2018	210	210	0	1	0.47	1.89	0.53	0.32	0.79	0.11	0.79	1.84	1.31	8.03	0.00
187	10/12/2018	149	147	2	1	0.33	1.29	0.29	0.15	0.48	0.07	0.51	1.14	0.92	5.18	2.22
188	12/12/2018	198	198	0	1	0.45	1.53	0.30	0.30	0.64	0.10	0.69	1.93	1.14	7.08	0.00
189	12/12/2018	193	193	0	1	0.39	1.69	0.39	0.34	0.68	0.10	0.82	1.64	1.11	7.14	0.00
190	17/12/2018	218	171	47	1	0.38	1.58	0.30	0.30	0.73	0.09	0.81	1.41	0.98	6.58	3.96
191	18/12/2018	190	190	0	1	0.43	1.14	0.43	0.29	0.67	0.10	0.95	1.66	1.14	6.79	0.00
192	18/12/2018	148	148	0	1	0.33	1.11	0.26	0.15	0.48	0.07	0.70	1.37	0.96	5.44	0.00
193	20/12/2018	244	157	87	0	0.35	1.14	0.27	0.16	0.51	0.08	0.71	1.06	1.02	5.30	5.09
194	22/12/2018	207	207	0	1	0.47	1.40	0.36	0.31	1.04	0.10	0.98	1.50	1.29	7.45	0.00
195	27/12/2018	191	191	0	2	0.43	1.43	0.33	0.29	0.86	0.10	0.86	1.58	1.24	7.11	0.00
196	30/12/2018	215	169	46	1	0.38	1.61	0.42	0.25	0.80	0.08	0.68	1.69	1.01	6.93	4.04
197	31/12/2018	166	166	0	1	0.33	1.29	0.29	0.21	0.83	0.08	0.79	1.20	1.00	6.02	0.00
198	31/12/2018	202	202	0	1	0.45	1.87	0.35	0.35	0.76	0.10	0.96	1.67	1.21	7.73	0.00

Anexo 13: Datos del proceso de mejora (pronóstico) para simulación Arena

Lote programa do	Lote fabricado	PNC	Devoluci ón	Traslado a corte	Corte radial	Traslado a segundo corte	Cortador a múltiple	Traslado a cepillado	Cepillado (superior e inferior)	Traslado a armado	Armado	Traslado a almacén de PT	Total	Reproces os por PNC
212	155	39	0	0.00	0.32	0.00	0.13	0.00	0.07	0.00	1.27	0.00	1.80	0.31
218	173	32	1	0.00	0.25	0.00	0.23	0.00	0.08	0.00	1.17	0.00	1.72	0.26
204	198	9	1	0.00	0.44	0.00	0.22	0.00	0.09	0.00	1.64	0.00	2.38	0.18
233	217	15	1	0.00	0.52	0.00	0.19	0.00	0.09	0.00	1.37	0.00	2.17	0.21
195	204	0	1	0.00	0.37	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	1.50	0.00	2.22	0.00
239	210	23	1	0.00	0.38	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	1.28	0.00	2.02	0.24
190	172	15	1	0.00	0.26	0.00	0.26	0.00	0.07	0.00	1.38	0.00	1.98	0.21
237	210	22	1	0.00	0.31	0.00	0.32	0.00	0.09	0.00	1.73	0.00	2.46	0.23
238	213	21	1	0.00	0.47	0.00	0.23	0.00	0.09	0.00	1.25	0.00	2.04	0.23
185	193	0	1	0.00	0.38	0.00	0.25	0.00	0.08	0.00	1.51	0.00	2.23	0.00
164	171	0	0	0.00	0.38	0.00	0.19	0.00	0.07	0.00	1.00	0.00	1.64	0.00
224	187	28	1	0.00	0.29	0.00	0.28	0.00	0.08	0.00	1.26	0.00	1.91	0.25
213	193	17	1	0.00	0.30	0.00	0.17	0.00	0.08	0.00	1.68	0.00	2.23	0.22
213	204	11	0	0.00	0.43	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	1.72	0.00	2.50	0.19
167	174	0	0	0.00	0.45	0.00	0.19	0.00	0.08	0.00	1.06	0.00	1.77	0.00
184	161	18	0	0.00	0.23	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	1.29	0.00	1.73	0.22
207	216	0	0	0.00	0.49	0.00	0.28	0.00	0.09	0.00	1.41	0.00	2.27	0.00
193	201	0	1	0.00	0.46	0.00	0.17	0.00	0.09	0.00	1.18	0.00	1.90	0.00
190	198	0	1	0.00	0.46	0.00	0.26	0.00	0.09	0.00	1.42	0.00	2.23	0.00
222	170	36	1	0.00	0.43	0.00	0.26	0.00	0.07	0.00	1.22	0.00	1.98	0.31
245	218	22	1	0.00	0.33	0.00	0.33	0.00	0.09	0.00	1.37	0.00	2.13	0.23
233	182	36	1	0.00	0.36	0.00	0.20	0.00	0.08	0.00	1.46	0.00	2.09	0.30
150	157	0	1	0.00	0.37	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	0.88	0.00	1.49	0.00
182	190	0	1	0.00	0.43	0.00	0.21	0.00	0.08	0.00	1.16	0.00	1.88	0.00
181	189	0	1	0.00	0.28	0.00	0.16	0.00	0.08	0.00	1.56	0.00	2.09	0.00
189	190	4	1	0.00	0.41	0.00	0.21	0.00	0.08	0.00	1.24	0.00	1.94	0.16
160	167	0	1	0.00	0.38	0.00	0.25	0.00	0.07	0.00	1.02	0.00	1.72	0.00
211	220	0	1	0.00	0.51	0.00	0.29	0.00	0.10	0.00	1.67	0.00	2.57	0.00
210	196	13	0	0.00	0.51	0.00	0.30	0.00	0.09	0.00	1.19	0.00	2.08	0.20
190	198	0	1	0.00	0.30	0.00	0.17	0.00	0.09	0.00	1.38	0.00	1.93	0.00
188	161	21	1	0.00	0.37	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	0.94	0.00	1.52	0.23
229	212	16	1	0.00	0.44	0.00	0.23	0.00	0.09	0.00	1.79	0.00	2.56	0.21
214	172	30	1	0.00	0.41	0.00	0.15	0.00	0.07	0.00	1.38	0.00	2.02	0.28
188	168	17	1	0.00	0.26	0.00	0.18	0.00	0.07	0.00	0.99	0.00	1.50	0.21
210	219	0	1	0.00	0.50	0.00	0.24	0.00	0.10	0.00	1.76	0.00	2.59	0.00
202	211	0	1	0.00	0.48	0.00	0.32	0.00	0.09	0.00	1.60	0.00	2.49	0.00
199	195	7	1	0.00	0.37	0.00	0.17	0.00	0.08	0.00	1.44	0.00	2.07	0.18
191	192	4	1	0.00	0.47	0.00	0.17	0.00	0.08	0.00	1.33	0.00	2.06	0.16
241	194	34	1	0.00	0.47	0.00	0.25	0.00	0.08	0.00	1.52	0.00	2.32	0.29
205	207	4	0	0.00	0.48	0.00	0.31	0.00	0.09	0.00	1.39	0.00	2.28	0.16
227	162	44	0	0.00	0.27	0.00	0.18	0.00	0.07	0.00	0.98	0.00	1.50	0.31
206	215	0	0	0.00	0.36	0.00	0.28	0.00	0.09	0.00	1.35	0.00	2.09	0.00
205	214	0	0	0.00	0.54	0.00	0.28	0.00	0.09	0.00	1.25	0.00	2.16	0.00
217	168	34	0	0.00	0.43	0.00	0.15	0.00	0.07	0.00	1.20	0.00	1.86	0.29
201	156	32	0	0.00	0.36	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	1.25	0.00	1.82	0.29
153	160	0	0	0.00	0.35	0.00	0.21	0.00	0.07	0.00	1.28	0.00	1.91	0.00
174	182	0	0	0.00	0.35	0.00	0.24	0.00	0.08	0.00	1.06	0.00	1.73	0.00
154	161	0	1	0.00	0.28	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	0.91	0.00	1.43	0.00
167	174	0	1	0.00	0.29	0.00	0.19	0.00	0.08	0.00	1.25	0.00	1.81	0.00
202	211	0	1	0.00	0.34	0.00	0.18	0.00	0.09	0.00	1.37	0.00	1.99	0.00
234	175	40	1	0.00	0.37	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	1.29	0.00	1.89	0.32
205	158	33	0	0.00	0.24	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	1.20	0.00	1.67	0.28
217	200	15	1	0.00	0.43	0.00	0.26	0.00	0.09	0.00	1.52	0.00	2.30	0.21
245	152	61	1	0.00	0.28	0.00	0.20	0.00	0.07	0.00	1.19	0.00	1.74	0.41
229	204	21	0	0.00	0.38	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	1.24	0.00	1.97	0.23
200	209	0	1	0.00	0.36	0.00	0.23	0.00	0.09	0.00	1.36	0.00	2.04	0.00
239	149	59	1	0.00	0.25	0.00	0.19	0.00	0.06	0.00	0.94	0.00	1.45	0.38
144	150	0	0	0.00	0.25	0.00	0.13	0.00	0.07	0.00	1.14	0.00	1.59	0.00
144	150	0	0	0.00	0.34	0.00	0.23	0.00	0.07	0.00	1.14	0.00	1.78	0.00
186	194	0	1	0.00	0.36	0.00	0.25	0.00	0.08	0.00	1.35	0.00	2.05	0.00
231	219	13	1	0.00	0.38	0.00	0.33	0.00	0.10	0.00	1.52	0.00	2.33	0.20
216	218	4	1	0.00	0.52	0.00	0.19	0.00	0.09	0.00	1.61	0.00	2.42	0.16
195	204	0	1	0.00	0.51	0.00	0.22	0.00	0.09	0.00	1.68	0.00	2.50	0.00
168	150	15	1	0.00	0.33	0.00	0.23	0.00	0.07	0.00	1.24	0.00	1.87	0.21
177	172	7	1	0.00	0.43	0.00	0.26	0.00	0.07	0.00	1.27	0.00	2.04	0.18
186	194	0	1	0.00	0.43	0.00	0.21	0.00	0.08	0.00	1.35	0.00	2.07	0.00
214	188	21	1	0.00	0.28	0.00	0.24	0.00	0.08	0.00	1.18	0.00	1.79	0.23
199	208	0	0	0.00	0.49	0.00	0.32	0.00	0.09	0.00	1.76	0.00	2.65	0.00
145	149	1	0	0.00	0.36	0.00	0.16	0.00	0.06	0.00	0.97	0.00	1.56	0.15
179	187	0	0	0.00	0.36	0.00	0.16	0.00	0.08	0.00	1.38	0.00	1.98	0.00
199	158	29	0	0.00	0.25	0.00	0.21	0.00	0.07	0.00	0.99	0.00	1.51	0.26
221	214	10	0	0.00	0.35	0.00	0.28	0.00	0.09	0.00	1.72	0.00	2.44	0.19
207	179	22	0	0.00	0.41	0.00	0.23	0.00	0.08	0.00	1.32	0.00	2.03	0.24
249	219	24	0	0.00	0.54	0.00	0.24	0.00	0.10	0.00	1.43	0.00	2.30	0.24
162	169	0	0	0.00	0.32	0.00	0.18	0.00	0.07	0.00	1.03	0.00	1.61	0.00
208	217	0	0	0.00	0.38	0.00	0.33	0.00	0.09	0.00	1.32	0.00	2.12	0.00
239	221	17	0	0.00	0.41	0.00	0.29	0.00	0.10	0.00	1.25	0.00	2.04	0.21
210	219	0	1	0.00	0.56	0.00	0.19	0.00	0.10	0.00	1.38	0.00	2.23	0.00
204	213	0	1	0.00	0.37	0.00	0.28	0.00	0.09	0.00	1.34	0.00	2.08	0.00
195	204	0	1	0.00	0.37	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	1.77	0.00	2.49	0.00

172	161	11	0	0.00	0.26	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	1.26	0.00	1.76	0.19
160	167	0	1	0.00	0.41	0.00	0.18	0.00	0.07	0.00	1.20	0.00	1.86	0.00
221	163	40	0	0.00	0.33	0.00	0.21	0.00	0.07	0.00	1.24	0.00	1.85	0.32
166	166	4	1	0.00	0.35	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	1.08	0.00	1.65	0.16
208	217	0	1	0.00	0.39	0.00	0.28	0.00	0.09	0.00	1.46	0.00	2.23	0.00
198	189	10	1	0.00	0.48	0.00	0.21	0.00	0.08	0.00	1.52	0.00	2.28	0.19
148	155	0	1	0.00	0.33	0.00	0.20	0.00	0.07	0.00	1.17	0.00	1.78	0.00
205	189	15	1	0.00	0.41	0.00	0.21	0.00	0.08	0.00	1.19	0.00	1.88	0.21
172	169	6	1	0.00	0.35	0.00	0.22	0.00	0.07	0.00	1.29	0.00	1.93	0.17
179	173	8	1	0.00	0.37	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	1.28	0.00	1.88	0.18
244	174	47	0	0.00	0.30	0.00	0.23	0.00	0.08	0.00	1.02	0.00	1.63	0.32
198	203	2	1	0.00	0.51	0.00	0.31	0.00	0.09	0.00	1.54	0.00	2.44	0.16
160	167	0	1	0.00	0.25	0.00	0.25	0.00	0.07	0.00	0.94	0.00	1.52	0.00
147	153	0	0	0.00	0.26	0.00	0.20	0.00	0.07	0.00	1.27	0.00	1.79	0.00
188	196	0	0	0.00	0.40	0.00	0.17	0.00	0.09	0.00	1.32	0.00	1.98	0.00
247	151	63	0	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00	0.07	0.00	1.28	0.00	1.80	0.40
218	172	33	0	0.00	0.25	0.00	0.26	0.00	0.07	0.00	0.97	0.00	1.56	0.27
154	161	0	1	0.00	0.36	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	0.98	0.00	1.54	0.00
212	221	0	1	0.00	0.36	0.00	0.19	0.00	0.10	0.00	1.68	0.00	2.33	0.00
179	187	0	1	0.00	0.39	0.00	0.16	0.00	0.08	0.00	1.62	0.00	2.26	0.00
216	214	7	1	0.00	0.45	0.00	0.19	0.00	0.09	0.00	1.72	0.00	2.45	0.17
214	213	6	1	0.00	0.31	0.00	0.23	0.00	0.09	0.00	1.85	0.00	2.48	0.17
224	151	48	1	0.00	0.27	0.00	0.20	0.00	0.07	0.00	0.99	0.00	1.52	0.33
149	156	0	1	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.07	0.00	0.88	0.00	1.42	0.00
173	181	0	1	0.00	0.37	0.00	0.24	0.00	0.08	0.00	1.53	0.00	2.21	0.00
151	158	0	1	0.00	0.26	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	1.20	0.00	1.70	0.00
187	195	0	1	0.00	0.34	0.00	0.25	0.00	0.08	0.00	1.53	0.00	2.20	0.00
196	205	0	0	0.00	0.47	0.00	0.22	0.00	0.09	0.00	1.69	0.00	2.47	0.00
245	157	58	1	0.00	0.35	0.00	0.20	0.00	0.07	0.00	0.88	0.00	1.50	0.38
163	170	0	1	0.00	0.29	0.00	0.18	0.00	0.07	0.00	0.96	0.00	1.50	0.00
179	187	0	1	0.00	0.31	0.00	0.24	0.00	0.08	0.00	1.18	0.00	1.81	0.00
147	153	0	0	0.00	0.27	0.00	0.23	0.00	0.07	0.00	1.00	0.00	1.57	0.00
167	174	0	1	0.00	0.27	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	1.51	0.00	2.01	0.00
235	215	18	1	0.00	0.32	0.00	0.33	0.00	0.09	0.00	1.82	0.00	2.56	0.22
188	196	0	1	0.00	0.42	0.00	0.21	0.00	0.09	0.00	1.41	0.00	2.13	0.00
194	203	0	0	0.00	0.40	0.00	0.26	0.00	0.09	0.00	1.54	0.00	2.29	0.00
157	164	0	1	0.00	0.29	0.00	0.25	0.00	0.07	0.00	1.17	0.00	1.79	0.00
172	180	0	1	0.00	0.36	0.00	0.19	0.00	0.08	0.00	1.25	0.00	1.88	0.00
189	176	12	1	0.00	0.41	0.00	0.15	0.00	0.08	0.00	1.23	0.00	1.87	0.20
198	182	15	1	0.00	0.36	0.00	0.24	0.00	0.08	0.00	1.14	0.00	1.82	0.21
229	182	34	1	0.00	0.33	0.00	0.24	0.00	0.08	0.00	1.34	0.00	1.98	0.28
154	161	0	1	0.00	0.35	0.00	0.24	0.00	0.07	0.00	1.33	0.00	1.99	0.00
212	221	0	1	0.00	0.34	0.00	0.29	0.00	0.10	0.00	1.30	0.00	2.03	0.00
170	165	7	0	0.00	0.34	0.00	0.25	0.00	0.07	0.00	1.07	0.00	1.73	0.18
218	153	44	1	0.00	0.28	0.00	0.20	0.00	0.07	0.00	1.00	0.00	1.54	0.32
252	222	24	0	0.00	0.43	0.00	0.24	0.00	0.10	0.00	1.93	0.00	2.70	0.25
225	158	45	0	0.00	0.31	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	1.23	0.00	1.78	0.34
212	221	0	0	0.00	0.36	0.00	0.34	0.00	0.10	0.00	1.35	0.00	2.14	0.00
223	212	12	0	0.00	0.48	0.00	0.28	0.00	0.09	0.00	1.43	0.00	2.28	0.20
200	209	0	0	0.00	0.54	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	1.22	0.00	2.12	0.00
200	209	0	0	0.00	0.44	0.00	0.18	0.00	0.09	0.00	1.68	0.00	2.39	0.00
188	164	19	0	0.00	0.41	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	1.14	0.00	1.76	0.23
220	186	26	0	0.00	0.38	0.00	0.24	0.00	0.08	0.00	1.25	0.00	1.95	0.26
154	161	0	0	0.00	0.34	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	1.22	0.00	1.77	0.00
163	155	9	0	0.00	0.25	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	1.24	0.00	1.73	0.18
230	183	34	0	0.00	0.33	0.00	0.28	0.00	0.08	0.00	1.47	0.00	2.15	0.29
191	199	0	0	0.00	0.47	0.00	0.17	0.00	0.09	0.00	1.26	0.00	1.98	0.00
215	215	6	0	0.00	0.43	0.00	0.23	0.00	0.09	0.00	1.59	0.00	2.34	0.17
187	167	17	0	0.00	0.32	0.00	0.25	0.00	0.07	0.00	0.94	0.00	1.59	0.21
231	179	37	0	0.00	0.37	0.00	0.16	0.00	0.08	0.00	1.47	0.00	2.08	0.30
160	167	0	1	0.00	0.33	0.00	0.15	0.00	0.07	0.00	1.45	0.00	2.00	0.00
233	206	22	1	0.00	0.49	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	1.74	0.00	2.59	0.25
199	175	19	1	0.00	0.30	0.00	0.19	0.00	0.08	0.00	1.14	0.00	1.71	0.22
243	153	59	0	0.00	0.36	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	0.93	0.00	1.52	0.40
170	177	0	0	0.00	0.35	0.00	0.23	0.00	0.08	0.00	1.31	0.00	1.97	0.00
246	200	33	1	0.00	0.31	0.00	0.30	0.00	0.09	0.00	1.74	0.00	2.44	0.28
221	200	18	1	0.00	0.43	0.00	0.22	0.00	0.09	0.00	1.52	0.00	2.26	0.22
174	182	0	1	0.00	0.46	0.00	0.24	0.00	0.08	0.00	1.34	0.00	2.11	0.00
191	199	0	0	0.00	0.37	0.00	0.17	0.00	0.09	0.00	1.26	0.00	1.89	0.00
162	157	7	0	0.00	0.23	0.00	0.20	0.00	0.07	0.00	1.09	0.00	1.59	0.17
205	214	0	0	0.00	0.37	0.00	0.33	0.00	0.09	0.00	1.67	0.00	2.46	0.00
215	157	40	0	0.00	0.35	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	1.22	0.00	1.81	0.32
181	188	1	0	0.00	0.45	0.00	0.16	0.00	0.08	0.00	1.43	0.00	2.12	0.15
236	172	44	0	0.00	0.34	0.00	0.19	0.00	0.07	0.00	1.50	0.00	2.10	0.33
184	175	10	0	0.00	0.45	0.00	0.19	0.00	0.08	0.00	1.52	0.00	2.24	0.19
211	220	0	0	0.00	0.50	0.00	0.19	0.00	0.10	0.00	1.77	0.00	2.56	0.00
211	220	0	0	0.00	0.36	0.00	0.19	0.00	0.10	0.00	1.87	0.00	2.51	0.00
225	201	20	0	0.00	0.45	0.00	0.22	0.00	0.09	0.00	1.62	0.00	2.37	0.23
211	220	0	0	0.00	0.54	0.00	0.29	0.00	0.10	0.00	1.29	0.00	2.22	0.00
164	171	0	1	0.00	0.36	0.00	0.26	0.00	0.07	0.00	1.23	0.00	1.92	0.00

200	209	0	1	0.00	0.51	0.00	0.32	0.00	0.09	0.00	1.59	0.00	2.51	0.00
214	194	17	0	0.00	0.28	0.00	0.30	0.00	0.08	0.00	1.22	0.00	1.88	0.21
250	190	42	1	0.00	0.41	0.00	0.21	0.00	0.08	0.00	1.28	0.00	1.98	0.31
210	219	0	1	0.00	0.41	0.00	0.33	0.00	0.10	0.00	1.38	0.00	2.22	0.00
157	164	0	0	0.00	0.35	0.00	0.25	0.00	0.07	0.00	1.42	0.00	2.10	0.00
164	171	0	0	0.00	0.37	0.00	0.22	0.00	0.07	0.00	1.08	0.00	1.74	0.00
196	205	0	0	0.00	0.39	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	1.51	0.00	2.26	0.00
180	162	15	0	0.00	0.40	0.00	0.21	0.00	0.07	0.00	1.19	0.00	1.87	0.21
252	157	63	0	0.00	0.26	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	1.12	0.00	1.62	0.40
184	182	6	0	0.00	0.26	0.00	0.28	0.00	0.08	0.00	1.50	0.00	2.11	0.17
168	175	0	0	0.00	0.27	0.00	0.27	0.00	0.08	0.00	0.99	0.00	1.61	0.00
200	209	0	0	0.00	0.38	0.00	0.23	0.00	0.09	0.00	1.68	0.00	2.37	0.00
173	181	0	0	0.00	0.38	0.00	0.27	0.00	0.08	0.00	1.10	0.00	1.83	0.00
195	204	0	1	0.00	0.48	0.00	0.31	0.00	0.09	0.00	1.77	0.00	2.64	0.00
157	164	0	0	0.00	0.31	0.00	0.21	0.00	0.07	0.00	1.32	0.00	1.92	0.00
178	186	0	0	0.00	0.30	0.00	0.16	0.00	0.08	0.00	1.45	0.00	2.00	0.00
199	208	0	1	0.00	0.34	0.00	0.32	0.00	0.09	0.00	1.67	0.00	2.41	0.00
161	168	0	1	0.00	0.37	0.00	0.15	0.00	0.07	0.00	1.39	0.00	1.98	0.00
189	197	0	1	0.00	0.34	0.00	0.21	0.00	0.09	0.00	1.33	0.00	1.97	0.00
231	162	47	0	0.00	0.39	0.00	0.18	0.00	0.07	0.00	1.26	0.00	1.90	0.35
194	203	0	1	0.00	0.40	0.00	0.26	0.00	0.09	0.00	1.32	0.00	2.07	0.00
144	150	0	0	0.00	0.36	0.00	0.23	0.00	0.07	0.00	0.85	0.00	1.50	0.00
195	204	0	0	0.00	0.52	0.00	0.22	0.00	0.09	0.00	1.33	0.00	2.16	0.00
161	168	0	0	0.00	0.38	0.00	0.22	0.00	0.07	0.00	1.31	0.00	1.99	0.00
246	189	40	0	0.00	0.32	0.00	0.29	0.00	0.08	0.00	1.44	0.00	2.12	0.31
210	219	0	0	0.00	0.47	0.00	0.29	0.00	0.10	0.00	1.67	0.00	2.52	0.00
149	153	1	0	0.00	0.32	0.00	0.13	0.00	0.07	0.00	1.03	0.00	1.55	0.15
198	207	0	0	0.00	0.38	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	1.75	0.00	2.49	0.00
193	201	0	0	0.00	0.42	0.00	0.31	0.00	0.09	0.00	1.49	0.00	2.30	0.00
218	179	29	0	0.00	0.40	0.00	0.27	0.00	0.08	0.00	1.28	0.00	2.02	0.27
190	198	0	0	0.00	0.29	0.00	0.26	0.00	0.09	0.00	1.51	0.00	2.14	0.00
148	155	0	0	0.00	0.28	0.00	0.13	0.00	0.07	0.00	1.24	0.00	1.72	0.00
244	164	54	0	0.00	0.28	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	0.96	0.00	1.46	0.35
207	216	0	0	0.00	0.35	0.00	0.28	0.00	0.09	0.00	1.36	0.00	2.09	0.00
191	199	0	1	0.00	0.36	0.00	0.26	0.00	0.09	0.00	1.43	0.00	2.13	0.00
215	176	29	1	0.00	0.40	0.00	0.23	0.00	0.08	0.00	1.53	0.00	2.24	0.27
166	174	0	1	0.00	0.32	0.00	0.19	0.00	0.08	0.00	1.09	0.00	1.68	0.00
202	211	0	1	0.00	0.47	0.00	0.32	0.00	0.09	0.00	1.51	0.00	2.39	0.00

Anexo 14: Cálculo del COK

Cálculo COK		Valor	Fuente	Fuente
Rf	Tasa libre de riesgo	1.10%	Us Treasury Bond 2/3/2020	https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yield
	Beta no apalancada	1.36	Materiales de construcción Damodaran	http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
β	Beta apalancada	1.74	Cálculo según fórmula	$\beta = \text{Beta no apalancado} * (1 + (1 - T) * (D/C))$
	T	29.5%	Tasa de Renta Perú	http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/impuesto-a-la-renta-empresas/regimen-general-del-impuesto-a-la-renta-empresas/calculo-anual-del-impuesto-a-la-renta-empresas/2900-03-tasas-para-la-determinacion-del-impuesto-a-la-renta-anual
	D/C	40.1%	Damodaran D/E Ratio	http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
Rm	Prima de riesgo	6.38%	Damodaran Perú	http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html
Rpaís	Riesgo país	1.23%	Gestión 3/3/2020	https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-de-peru-bajo-tres-puntos-y-cerro-en-123-puntos-porcentuales-noticia/
COK		11.54%		