UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Propuesta de mejora de procesos en la fabricación de marcos en una empresa de
manufactura

TESIS

Para optar el título profesional de: ingeniero industrial

AUTOR

Requena Palomino, Deivis Lorgio ([0000-0003-0985-8719](#))

ASESOR DE TESIS

Maceda Cerdán, Carlos Marcelo ([0000-0003-3415-2937](#))

Lima, 27 de Junio de 2018

Índice Temático

Índice Temático	2
Lista de Tablas.....	5
Lista de Figuras	8
Resumen	10
Introducción.....	12
1. Capítulo 1: Marco Teórico.....	13
1.1. Teoría y Herramientas de Ingeniería.....	13
1.1.1. Ingeniería de Métodos	13
1.1.2. Gestión por procesos	15
1.1.2.1. Elementos principales de la gestión por procesos.....	16
1.1.2.2. Implicaciones de la gestión por procesos.....	17
1.1.2.3. Gestión por procesos en la fabricación de productos.....	17
1.1.3. Mejora Continua	18
1.1.4. Gestión de Calidad Total (TQM).....	19
1.1.5. Lean Manufacturing	21
1.1.5.1. Value Stream Mapping – VSM.....	23
1.1.5.2. JIT - Reducción del inventario y los tiempos de entrega.....	23
1.1.5.2.1. Análisis de demanda	25
1.1.5.2.2. Balance de línea	27
1.1.5.3. Poka Yoke.....	30
1.1.6. Herramientas de Ingeniería.....	30
1.1.6.1. Análisis de Oportunidad – Canvas.....	30
1.1.6.2. Analytic Hierarchy Process – AHP.....	31
1.1.6.3. Optimización de producción.....	33
1.1.7. Modelado y Simulación de Procesos.....	36
1.2. Casos de éxito.....	36
1.2.1. Caso 1: Optimización, demanda y balance de línea	36
1.2.2. Caso 3: Optimización de producción.....	37
1.3. Marco Normativo.....	38

2. Capítulo 2: Análisis de la Organización	40
2.1. Análisis del Sector Industrial.....	40
2.1.1. Aspectos Macroeconómicos – Industria de Madera.....	40
2.1.2. Sector Exportaciones e Importaciones Marcos de Madera	42
2.1.2.1. Volúmenes de Exportaciones e Importaciones.....	42
2.1.2.2. Mercado.....	44
2.1.3. Los peruanos prefieren la madera.....	44
2.1.3.1. Demanda Interna.....	45
2.2. Descripción de la empresa.....	45
2.2.1. Misión y visión	46
2.2.1.1. Misión.....	46
2.2.1.2. Visión.....	46
2.2.2. Organigrama	46
2.2.3. Análisis de Oportunidad – Canvas	48
2.2.4. Productos	49
2.2.5. Ventas	51
2.2.6. Costos de materia prima	56
2.2.7. Personal	57
2.2.8. Proceso general de la empresa.....	60
2.2.8.1. Equipos.....	60
2.2.8.2. Proceso general de la organización.....	65
2.2.9. Proceso de fabricación.....	70
2.2.9.1. Distribución de la planta.....	70
2.3. Problemática.....	79
2.3.1. Demora en la entrega.....	79
2.3.2. Cuellos de Botella en Producción.....	86
2.3.3. Productos no conformes	89
2.4. Impacto económico de la problemática.....	94
2.5. Análisis de causas raíz.....	94
2.6. Indicadores.....	103
2.7. Objetivos.....	103
2.7.1. Objetivo General.....	103
2.7.2. Objetivos Específicos	104
2.8. Hipótesis.....	104

2.9. Variables.....	104
3. Capítulo 3: Evaluación de Propuesta de Mejora.....	105
3.1. Selección de la metodología y herramientas.....	106
3.1.1. Selección de la metodología.....	106
3.1.2. Diseño de propuesta.....	112
3.2. Propuesta de mejora.....	114
3.2.1. Planear.....	114
3.2.2. Hacer.....	118
3.2.2.1. Desarrollo de JIT.....	118
3.2.2.1.1. Gestión de demanda.....	118
3.2.2.1.2. Balance de línea.....	121
3.2.2.2. Desarrollo de Poka Yoke.....	128
3.2.2.2.1. Gestión de procesos de las actividades de producción.....	129
3.2.2.2.2. Tiempos de Poka Yoke.....	135
3.2.2.3. Optimización de producción.....	144
3.2.2.3.1. Costo de producción año 2018.....	149
3.2.2.3.2. Optimización de producción – Inventario de Seguridad - 2018.....	151
3.2.2.3.3. Optimización – Minimización de costo de producción.....	155
3.2.2.4. Pronóstico de tiempos de demora.....	157
3.2.3. Revisar.....	162
3.2.4. Actuar.....	164
4. Capítulo 4: Validación de la propuesta.....	167
4.1. Simulación de los procesos.....	167
4.1.1.1. Proceso Actual.....	170
4.1.1.2. Proceso de Mejora.....	171
4.1.1.3. Resultados.....	172
4.1.2. Validación Financiera.....	174
Conclusiones.....	180
Bibliografía.....	183
Glosario.....	189
Síglario.....	191
Anexos.....	192

Lista de Tablas

Tabla N° 1: Herramientas de Ingeniería de Métodos.....	14
Tabla N° 2: Manufactura: Valor Agregado Bruto	40
Tabla N° 3: Código de Rubro SUNAT - Marcos de madera	42
Tabla N° 4: Exportaciones Marcos de Madera (Sólo bienes finales) – 2014-2017.....	43
Tabla N° 5: Importaciones Marcos de Madera (Sólo bienes finales) – 2014-2017.....	44
Tabla N° 6: Dimensiones en centímetros de la fabricación de marcos.....	49
Tabla N° 7: Ventas de marcos y pinturas 2015-2017	53
Tabla N° 8: Costos de Materia Prima - 2017	57
Tabla N° 9: Planilla y carga de planilla	58
Tabla N° 10: Proceso de fabricación de un marco de 90 x 80 cms – Horas Hombre – Año 2017 (sin reprocesos).....	75
Tabla N° 11: DAP Proceso Actual.....	77
Tabla N° 12: Extracto de base de datos sobre producción diaria 2017	79
Tabla N° 13: Días de demora (fecha real vs. programada) 2017.....	80
Tabla N° 14: Comparación entre programación de entrega y entrega real – 2017.....	81
Tabla N° 15: Cálculos para el Diagrama de Control	81
Tabla N° 16: Demora en días – 2017.....	85
Tabla N° 17: Impacto económico por demora en producción	85
Tabla N° 18: Impacto económico por cuellos de botella.....	88
Tabla N° 19: Total Productos No Conformes – 2017.....	89
Tabla N° 20: Unidades de merma y de reprocesos – 2017	89
Tabla N° 21: Tiempos por reprocesos	90
Tabla N° 22: Impacto económico por productos no conformes	93
Tabla N° 23: Impacto económico Total – 2017.....	94
Tabla N° 24: Identificación de productos no conformes	95
Tabla N° 25: Punto de inspección y rechazo de producto	97
Tabla N° 26: Causas producto no conformes	97
Tabla N° 27: Indicadores del proceso actual	103
Tabla N° 28: Variables independientes y dependientes.....	104
Tabla N° 29: Relación entre problemas, objetivos e impacto económico	105

Tabla N° 30: Análisis teórico de las alternativas	107
Tabla N° 31: Comparación de Alternativas y Criterios	109
Tabla N° 32: Normalización de Tabla	110
Tabla N° 33: Asignación de los Pesos de Criterios	110
Tabla N° 34: Prioridad de metodología	111
Tabla N° 35: Días de demora (fecha real vs. programada) 2017	114
Tabla N° 36: Unidades de merma y de reprocesos – 2017	116
Tabla N° 37: Error absoluto.....	118
Tabla N° 38: Pronóstico de Demanda.....	120
Tabla N° 39: Balance de línea de producción.....	121
Tabla N° 40: Ahorros por Línea de Balance.....	123
Tabla N° 41: DAP, después de implementar JIT	124
Tabla N° 42: Nivelación de línea JIT	125
Tabla N° 43: Tiempos por reprocesos	128
Tabla N° 44: Relación de no conformidades y Poka Yoke	129
Tabla N° 45: Procedimientos de las actividades en donde se aplica Poka Yoke, Actual vs. Mejora.....	137
Tabla N° 46: DAP JIT vs. DAP JIT-POKA YOKE	138
Tabla N° 47: DAP final JIT Poka Yoke.....	139
Tabla N° 48: Nivelación de línea JIT y Poka Yoke.....	140
Tabla N° 49: Nivelación de línea JIT y Poka Yoke.....	142
Tabla N° 50: Ahorros por la implementación de JIT y Poka Yoke	142
Tabla N° 51: Inversión de Lean Manufacturing	143
Tabla N° 52: Costo total de la producción para el año 2017	145
Tabla N° 53: Inventario en almacén 2017	146
Tabla N° 54: Porcentaje de tenencia de almacenamiento	147
Tabla N° 55: Costo de producción por unidad año 2017	147
Tabla N° 56: Producción total de productos conformes - 2017	148
Tabla N° 57: Unidades por merma y reprocesos	148
Tabla N° 58: Capacidad de producción - 2017	149
Tabla N° 59: Costo total de la producción para el año 2018 sin optimización.....	150
Tabla N° 60: Cálculos de Costo de producción y unidades de merma y reprocesos – sin optimización	151
Tabla N° 61: Desviación estándar mensual – 2018	152

Tabla N° 62: Cálculo de inventario de seguridad	152
Tabla N° 63: Demanda de producción – 2018.....	152
Tabla N° 64: Cálculo de unidades de merma y de reprocesos.....	153
Tabla N° 65: Cálculo de costo de producción con inventario de seguridad -2018.....	154
Tabla N° 66: Optimización de producción – Minimización de costos de producción y planeamiento de producción.....	156
Tabla N° 67: Unidades por producir mensual - 2018	157
Tabla N° 68: tamaño de muestra.....	158
Tabla N° 69: Elaboración de tiempos proyectados del proceso de mejora:	159
Tabla N° 70: Simulación de tiempos después de implementar las herramientas de Lean Manufacturing	160
Tabla N° 71: Extracto de los tiempos del proceso de producción para el año 2018 en días	160
Tabla N° 72: Estadísticas.....	161
Tabla N° 73: Cálculo de demora en el proceso de mejora.....	161
Tabla N° 74: Comparación de Procesos de mejora vs. Actual	162
Tabla N° 75: Indicadores Actual vs. Mejora	163
Tabla N° 76: Resumen de Inversión y Ahorros	164
Tabla N° 77: Cronograma de Gantt	165
Tabla N° 78: Distribuciones del proceso actual y de mejora.....	168
Tabla N° 79: Porcentajes para los cuadros de decisiones del modelo del proceso actual	171
Tabla N° 80: Resultados de las simulaciones de los procesos actual y de mejora	173
Tabla N° 81: Comparación de valores calculados y de la simulación de los procesos actual y de mejora	174
Tabla N° 82: Cálculo del costo de oportunidad por el método CAPM	176
Tabla N° 83: Escenario: Esperado	177
Tabla N° 84: Cálculo de Ahorros para el caso Pesimista	178
Tabla N° 85: Escenario: Pesimista.....	178
Tabla N° 86: Escenario: Optimista	179

Lista de Figuras

Figura N° 1: Seis elementos principales para la gestión de procesos	16
Figura N° 2: Evolución hacia la gestión de procesos.	19
Figura N° 3: Análisis de Oportunidad – Canvas (9 Fases)	31
Figura N° 4: Producción actual.....	37
Figura N° 5: Producción mejora	37
Figura N° 6: Participación del sector industrial	41
Figura N° 7: Ubicación de la sede principal	46
Figura N° 8: Organigrama de la Marquería Hugo	46
Figura N° 9: Análisis de Oportunidad - Canvas	48
Figura N° 10: Clasificación ABC - Marcos más vendidos – 2017	50
Figura N° 11: Pinturas en venta en tiendas.....	50
Figura N° 12: Ventas Históricas 2012 – 2017	51
Figura N° 13: Venta de marcos vs. pinturas 2015-2017	54
Figura N° 14: Número de tiendas 2012 – 2017	55
Figura N° 15: Diagrama de Dispersión, Marcos Vs. Tiendas.....	56
Figura N° 16: Personal 2012 – 2017.....	58
Figura N° 17: Diagrama de Dispersión Operarios Vs. Producción (ventas) Marcos	59
Figura N° 18: Máquina de corte SIERRA CIRCULAR	61
Figura N° 19: Máquina Lijadora.....	61
Figura N° 20: Máquina de molturado TUPI	61
Figura N° 21: Máquina de biselado GARLOPA	62
Figura N° 22: Máquina cortadora de mano.....	63
Figura N° 23: Taladro de mano	63
Figura N° 24: Lijadora Radial.....	63
Figura N° 25: Máquina Caladora Manual.....	64
Figura N° 26: Máquina Esmeril.....	64
Figura N° 27: Compresora 3HP 318lt trifásica.....	64
Figura N° 28: Mapa de Procesos – Marquería Hugo	67
Figura N° 29: Diagrama de Flujo del Proceso general de la empresa	68
Figura N° 30: SIPOC Tortuga de la empresa.....	69

Figura N° 31: Layout de la planta de fabricación	72
Figura N° 32: Diagrama de flujo de proceso de fabricación de marco.....	73
Figura N° 33: Producción Teórica y Real.....	78
Figura N° 34: Diagrama de Control del proceso de producción.....	83
Figura N° 35: Cálculo de demora por proceso.....	84
Figura N° 36: VSM Actual	87
Figura N° 37: Diagrama de Flujo Controles de Inspección con mayor tiempo de reprocesos	92
Figura N° 38: Identificación de las actividades que generan Productos No Conformes	96
Figura N° 39: Causas de productos no conformes.....	97
Figura N° 40: Identificación de Causas Raíz para de productos no conformes.....	99
Figura N° 41: Árbol de Causas y Efecto.....	102
Figura N° 42: Diseño de Propuesta.....	113
Figura N° 43: VSM Actual	115
Figura N° 44: Diagrama de Flujo Controles de Inspección con mayor tiempo de reprocesos	117
Figura N° 45: Proyección de demanda año 2018.....	121
Figura N° 46: VSM después de implementar el balance de línea.....	127
Figura N° 47: Poka Yoke para No conformidad 1, 2 y 3.....	130
Figura N° 48: Poka Yoke para No conformidad 4.....	131
Figura N° 49: Poka Yoke para No conformidad 5.....	132
Figura N° 50: Poka Yoke para No conformidad 6.....	133
Figura N° 51: Poka Yoke para No conformidad 7.....	134
Figura N° 52: Poka Yoke para No conformidad 8 y 9.....	135
Figura N° 53: Diagrama de Flujo de mejora.....	140
Figura N° 54: Ventana de Solver y Restricciones	155
Figura N° 55: Indicadores	163
Figura N° 56: Obtención de distribución de los datos de tiempos de producción	168
Figura N° 57: Modelado del proceso actual	170
Figura N° 58: Modelado de cuadro de decisiones	171
Figura N° 59: Modelado del proceso de mejora	171

Resumen

El área bajo estudio es el de fabricación de marcos, el cual transforma la materia prima en productos terminados. Para ello, propondremos una mejora en la gestión de procesos de fabricación, con el fin de reducir los productos no conformes mediante la reducción o eliminación de desperdicios lo cual genera la demora en la entrega.

El capítulo 1 se elaborará en el marco teórico sobre los principios y herramientas que se utilizarán en esta investigación de la empresa bajo estudio. Como las diferentes gestiones y filosofías aplicables (gestión por procesos, filosofía lean, gestión de calidad total), herramientas de ingeniería entre otras incluyendo sus definiciones y usos.

El capítulo 2 es un análisis exhaustivo de las causas del problema y su efecto como la demora en la entrega y productos no conformes. El taller de fabricación se presenta actualmente con despilfarros por reprocesos y procesos que generan sobre costos a la empresa. Siendo el impacto económico del análisis actual, la empresa ha generado una pérdida de S/.483,128.31 debido a reprocesos y excedente de procesos para el año 2017.

En el capítulo 3 se desarrolla la nueva propuesta de mejora para lograr los objetivos de la empresa, con el fin reducir o eliminar la cantidad de productos no conformes por desperdicios en los procesos y reprocesos y generar un crecimiento e incremento en las utilidades. Para el logro de ello, se utilizaron las herramientas de ingeniería industrial como VSM, JIT, Poka Yoke y optimización de producción.

Palabras claves: Propuesta de mejora, Gestión por procesos, Lean Manufacturing, Herramientas de Ingeniería, Gestión de la Calidad Total.

Abstract

The area under study is the manufacture of frames, which transforms the raw material into finished products. To do this, we will propose an improvement in the management of manufacturing processes, in order to reduce non-conforming products through the reduction or elimination of waste, which generates the delay in delivery.

Chapter 1 will be elaborated in the theoretical framework on the principles and tools that will be used in this investigation of the company under study. As the different management and applicable philosophies (process management, lean philosophy, total quality management), engineering tools among others including their definitions and uses.

Chapter 2 is a comprehensive analysis of the causes of the problem and its effect, such as the delay in delivery and non-conforming products. The manufacturing workshop is currently presented with waste for reprocessing and processes that generate costs for the company. Being the economic impact of the current analysis, the company has generated a loss of S / .483,128.31 due to reprocessing and process surplus for the year 2017.

In Chapter 3, the new improvement proposal is developed to achieve the company's objectives, in order to reduce or eliminate the amount of non-compliant products due to waste in processes and reprocessing and to generate growth and increase in profits. To achieve this, industrial engineering tools such as VSM, JIT, Poka Yoke and production optimization were used.

Keywords: Improvement proposal, Process Management, Lean Manufacturing, Engineering Tools, Total Quality Management.

Introducción

El presente estudio desarrollará una mejora continua en el área de producción o fabricación del negocio, teniendo en cuenta que es una MYPE y sus deseos de crecer en el ámbito económico.

Al determinar los problemas y sus causas, se elaborará e implementará un método de mejora continua que le permite reducir los tiempos de demora en la entrega, y productos no conformes al minimizar los costos de producción y optimización de planeamiento de producción

La metodología que se utilizará es la Filosofía Lean, cuya aplicación en esta investigación es válida para toda clase de empresa. La idea central del estudio es muy simple, ya que se requiere la eliminación continua de los desperdicios del proceso de fabricación.

La idea básica de un desperdicio es eliminar cualquier cosa y todo lo que no agrega valor desde la perspectiva del cliente a la producción de los marcos. Por lo tanto, es un enfoque que se centra en la reducción y eliminación de los desperdicios, y al mismo tiempo garantizar la calidad del producto. Este enfoque se puede aplicar a todos los aspectos de una empresa desde el diseño, a través de la producción y distribución.

La mejora de los procesos tiene como objetivo reducir los costos y hacer que el negocio sea más eficiente respondiendo a las necesidades del mercado. Este planteamiento tiene por objeto eliminar o reducir al mínimo las actividades que no agregan valor al proceso de producción, tales como la reparación de productos defectuosos, movimientos innecesarios del personal y productos en todo el negocio, ya que los desperdicios son igual a costos. Por lo tanto, menos residuos se traducen en menores costos, lo cual es una parte esencial de cualquier negocio competitivo.

El impacto económico del análisis actual de la empresa es de S/.483,128.31 lo cual comprende reprocesos y excedente de procesos además del costo por almacenamiento unitario de productos terminados.

Capítulo 1: Marco Teórico

En el presente capítulo se describen los fundamentos teóricos de las técnicas y herramientas de ingeniería que se utilizan para elaborar la mejora del proceso de la empresa bajo estudio.

Teoría y Herramientas de Ingeniería

Ingeniería de Métodos

Correa Espinal indicó que al mencionar las técnicas de la Ingeniería de Métodos y Tiempos, se hace referencia a sus herramientas, siendo las mismas en los libros, pero sus nombres cambian según el autor, conservando su utilidad y enfoque.¹

¹Cfr. Correa-Espinal y otros 2014:100

Tabla N° 1: Herramientas de Ingeniería de Métodos

Ingeniería de Métodos	
Diagrama de procesos	Cursograma que incluye las operaciones, inspecciones, transportes, esperas y almacenamientos (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Diagrama de operaciones	Cursograma que incluye la secuencia de operaciones e inspecciones de un trabajo o actividad (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Diagrama de recorrido	Plano a escala que muestra la continuidad y los flujos de los elementos en el proceso productivo (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Diagrama de hilos	Plano a escala en el que se sigue con un hilo el recorrido del material o del operario (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006).
Diagrama de actividades múltiples	Registra las respectivas actividades de varios objetos de estudio (máquinas u operarios) según una escala de tiempo común (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006).
Diagrama bimanual	Describe la operación realizada por cada mano en una escala de tiempo común (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Diagrama hombre-máquina	Permite conocer paralelamente las actividades realizadas por un operador y su(s) máquina(s) a cargo. (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Gráfico de trayectoria	Cuadro donde se consignan datos cuantitativos sobre los movimientos de trabajadores, materiales o equipo entre cualquier número de lugares durante cualquier periodo dado de tiempo (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Economía de movimientos	Lista de principios creados en 1964 por Gilbreth y Barnes en cuanto a: el uso del cuerpo humano, la disposición y estado del lugar de trabajo; y el diseño de las herramientas o aparatos (Alford, Bangs, & Hageman, 1992)
Estudio de micromovimientos	Estudio de los movimientos a mayor detalle, descomponiendo las operaciones en elementos o movimientos básicos conocidos como therbligs (Meyers, 2000). Usualmente emplean cámaras de cine o de videograbación (Mundel).
Análisis de operaciones	Procedimiento que involucra una actitud interrogativa sobre aspectos como la finalidad de las operaciones, el diseño de las piezas, los materiales y su manipulación, las condiciones de trabajo (ventilación, iluminación, biometría, ergonomía, etc.), entre otros (Maynard, 1991).
Ingeniería de Tiempos	
Muestreo del trabajo	Estima el porcentaje del tiempo total, empleado por una persona en una actividad, a través de observaciones hechas al azar y analizadas estadísticamente (Vaughn, 2000).

Cronometraje	Medición del tiempo que requiere un operador calificado y a un ritmo normal para realizar cierta actividad, por medio de un cronómetro (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006).
Sistemas de estándares de tiempos predeterminados (PTSS)	Utilización de tablas que tienen estimaciones de los tiempos según los movimientos básicos o therbligs (Krick, 1999) y que se llevan a cabo durante un fase de plantación (Meyers, 2000). Existen diferentes técnicas como: MTM (Methods time measurement), MOST (Maynard Operacional Sequence Technique), MODAPTS (Modular Arrangement of PTS), Work-Factor, etc. (Hicks, 1999).
Datos estándares	Tiempos tomados de bases de datos de estudios de tiempos pasados (Meyers, 2000).
Según expertos	Son dados por la opinión experta de una persona con experiencia (Meyers, 2000).

Fuente: Correa-Espinal y otros 2014:100

Gestión por procesos

Nariño define la gestión por procesos como el reaccionar con más flexibilidad y rapidez a cambios bajo las condiciones económicas; estos cambios a su vez incluyen la necesidad de revisar los métodos de funcionamiento, o, en otras palabras, los procesos.²

La gestión de procesos es rediseñar el flujo de trabajo para hacerlo más productivo y adaptado a las necesidades de los usuarios. Es diferente a la clásica organización funcional, en donde se da prioridad a la visión del usuario, es decir satisface las necesidades y expectativas de los usuarios.³

La gestión por procesos es una forma de conducir las empresas que toma en cuenta principalmente los procesos, ocupaciones o acciones de toda la organización. Debe enfocarse en la misión y visión de la empresa y en la satisfacción garantizada del cliente. La mejora de procesos, permite a la empresa manejar sus procesos y reducir sus tiempos innecesarios en el desarrollo de sus operaciones. Asimismo, elimina errores, demoras y aumenta el uso de sus recursos facilitando el desarrollo de sus actividades.⁴

² Cfr. Nariño y otros 2013:48(4).

³ Cfr. Rivera y otros 2014:35

⁴ Cfr. Marmolejo, N., y otros 2016:37(1), 24-35.

Se concluye que por lo indicado de los autores mencionados, la gestión de procesos es la reacción rápida a los cambios dentro de un orden de trabajo específico, siguiendo una estructura para el beneficio de la organización satisfaciendo las necesidades del usuario.

Elementos principales de la gestión por procesos

Demanda un entendimiento sobre el enfoque a la gestión de procesos y su marco que descompone la complejidad del propio enfoque, en su estudio, indican que gestión por procesos ha desaparecido como el tema más importante para los ejecutivos de informática, sin embargo, el interés por la gestión de procesos conscientes y métodos y tecnologías de apoyo sigue siendo muy alto. La gestión de procesos cada vez ha sido reconocida como motor de la innovación en un mundo digital. Indican que su modelo se distingue seis elementos principales para la gestión de procesos: Alineamiento estratégico, gobernabilidad, métodos, tecnología de información, recursos humanos y cultura. Como se muestra en la siguiente figura N°2. Y sirve para los siguientes propósitos:

- Gestión de proyectos y programas:
- Gestión de proveedores
- Gestión de complejidad
- Gestión de estándares
- Gestión de estrategias⁵

Figura N° 1: Seis elementos principales para la gestión de procesos

Alineación estratégica	Gobierno	Métodos	Tecnología de la información	Personas	Cultura	Factores
Planeamiento de mejora de procesos	Toma de decisiones de la gestión de procesos	Diseño y modelo del proceso	Diseño y modelo del proceso	Habilidades y experiencia del proceso	Respuesta al cambio del proceso	Áreas de

⁵ Cfr. Rosemann y Jan vom Brocke 2015: 107-122

Relación de competencia de procesos y estrategia	Roles y responsabilidades del proceso	Implementación y ejecución del proceso	Implementación y ejecución del proceso	Conocimiento de la gestión de procesos	Valores y creencias del proceso	
Arquitectura del proceso empresarial	Relación de las métricas y rendimiento del proceso	Monitoreo y control del proceso		Educación del proceso	Actitudes y comportamientos del proceso	
Medidas del proceso	Estándares relacionados al proceso	Mejora e innovación del proceso		Colaboración del proceso	Atención de liderazgo al proceso	
Clientes e interesados del proceso	Cumplimiento de la gestión de procesos	Programa de procesos y gestión de proyectos		Líderes de gestión del proceso	Redes sociales de la gestión del proceso	

Fuente: Rosemann y Jan vom Brocke 2015: 107-122

Implicaciones de la gestión por procesos

Primero se observó la detección de una relación entre la implantación de sistemas ISO 9000 y los sistemas de gestión por procesos. Es decir, que la gestión por procesos se aplicaba sólo para cumplir con los requerimientos de la norma ISO. Luego las empresas entendieron que la gestión por procesos es una herramienta que trae beneficios a la organización. Para ello, es importante que se realice una alineación entre la gestión por procesos y la estrategia general de la empresa. Además, la implantación no debe limitarse a la identificación y documentación de los procesos ni a llevar a cabo los procesos sino deben gestionarse dotando los recursos necesarios y luego un seguimiento.⁶

Gestión por procesos en la fabricación de productos

Según Dumas indica que la gestión por procesos hereda la filosofía de la mejora continua, incluye los principios y técnicas de gestión de operaciones, gestión de calidad total (TQM), Lean y Six Sigma, y los combina con las capacidades que ofrece la tecnología

⁶Cfr. Sánchez 2014: 54-71.

moderna de la información, con el fin de alinear de manera óptima los procesos de negocio con los objetivos de rendimiento de una organización.⁷

Según Janssen indica que los procesos pueden definirse como "la forma de hacer negocios" y son por lo tanto los principales activos de una empresa. Existen numerosas técnicas y estrategias para mejorar el rendimiento del proceso. Un ejemplo es Six Sigma, creado por Motorola en 1986. Y otro es Lean Manufacturing, que es una "filosofía" en gran medida creado sobre la base del sistema de producción de Toyota.⁸

Por lo tanto, de acuerdo a los textos mostrados, la Gestión de Procesos utiliza herramientas como lean, Six-Sigma para mejorar los procesos, así como la gestión de calidad total con una orientación hacia el cliente, mejorando los procesos haciéndolos más consistentes y repetitivos.

Mejora Continua

Hacer posible la mejora continua y lograr tal forma los más altos niveles en una serie de factores requirió de constancia y disciplina, la puesta en marcha de seis sistemas fundamentales:

1. Control de calidad total/gerencia de calidad total
2. Un sistema de producción justo a tiempo
3. Mantenimiento productivo total
4. Despliegue de políticas
5. Un sistema de sugerencias
6. Actividades de grupos pequeños⁹

Kaizen o ciclo de Deming es la filosofía de mejora continua¹⁰, por lo tanto se concluye que también se utiliza las herramientas combinadas de gestión por procesos y lean manufacturing.

⁷Cfr. Dumas, y otros 2013: 7-50

⁸ Cfr. Janssen y Revesteyn, 2015: 24(1), 3.

⁹ Cfr. Ruiz, 2013.

¹⁰ Cfr. Saldarriaga, 2015:(28), 41-57.

Gestión de Calidad Total (TQM)

La principal peculiaridad del concepto de la gestión de procesos es que requiere procesos simultáneos tanto en los negocios y en la innovadora tecnología de la información. TQM (Total Quality Management) es la primera etapa de desarrollo de la gestión por procesos, BPR (Reingeniería de Procesos) es la segunda y la gestión de procesos en sí es la tercera etapa. El mismo autor, Putkina, menciona que la gestión por procesos debe incluir la gestión de la calidad para llegar a los objetivos de incrementar la productividad al mejorar los procesos de fabricación. Putkina define TQM (Total Quality Management) como la interrelación entre el sistema de gestión de calidad y principios de la corporación y significa:

- Total - todos los empleados y grupos básicos de toda empresa tienen que participar en la gestión.
- Calidad - significa que todos los requisitos de los consumidores se han de cumplir.
- Gestión - significa que el proceso se está perfeccionando continuamente y se gestiona su calidad.¹¹

Una estrategia de gestión de calidad actualizada significa la implementación y optimización de los sistemas y procesos de tal manera evita que los errores se produzcan en primer lugar. De esta manera, la vigilancia adopta un enfoque preventivo.¹²

Según Barros indica que los principios de calidad de una organización (que tienen lugar dentro de una cultura o el contexto de la calidad) se definen como las acciones y los procedimientos realizados por una empresa u organización para garantizar la prestación de un servicio o fabricación de un producto de alta calidad.¹³

Figura N° 2: Evolución hacia la gestión de procesos.

¹¹ Cfr. Putkina, 2014: (9.1), 57.

¹² Cfr. Ansmann, y otros 2013: 11.

¹³ Cfr. Barros y otros 2014: 237-247

Fuente: Putkina, 2014: (9.1), 57.

Los autores Ahmad y otros, indican la relación entre el TQM y la filosofía lean:

“El concepto de Total Quality Management (TQM) se ha desarrollado como resultado de una intensa competencia global. La mayoría de los trabajos anteriores muestran que TQM tiene una relación significativa con el rendimiento empresarial. Sin embargo, el examen de los moderadores es menos frecuente en el trabajo anterior, en donde los mediadores se conocen generalmente como herramientas y técnicas generales sin un enfoque específico en los tipos de mejora. (...) para proponer una relación entre las prácticas de TQM y el rendimiento del negocio con mediadores de Statistical Process Control (SPC), Lean Production (LP) y Total Productive Maintenance (TPM) basados en una amplia revisión de la literatura. Los estudios sobre TQM, Lean Production, TPM y SPC generalmente investigan las prácticas y el desempeño comercial de forma aislada. (...) para identificar las relaciones entre las prácticas de TQM, TPM, SPC y Lean Production como un modelo conceptual.” (Ahmad y otros, 2012:186). (Traducción propia)

Es necesario que las organizaciones para alinear la Gestión de Procesos con sus objetivos y con el fin de lograr resultados, los elementos probados pueden tomarse de los estudios ya probados (TQM, Lean, Six Sigma) que tienen predominantemente un impacto positivo en la creación de un entorno y cultura de mejora continua enfocada en los beneficios monetarios.¹⁴

¹⁴ Cfr. Soare, P. 2012: 193-202

Se concluye que el uso de TQM para la gestión por procesos es válido para enfocarnos en un proceso de satisfacción al cliente.

Lean Manufacturing

La filosofía Lean es la metodología de mejora basada en una definición de valor centrada en el cliente, en la eliminación de los desechos de los procesos.¹⁵

Un proceso proporciona un entendimiento común acerca de lo que está sucediendo: ¿Quién hace qué, ¿cuándo, con qué, qué reglas de negocio impactan en el flujo de proceso? Cuando se une la gestión por procesos y la filosofía Lean, se tiene las bases para llevar los procesos a la automatización. La mayoría de las empresas no han integrado estas iniciativas con éxito - inhibición de las empresas de la realización de todo el potencial de sus esfuerzos de la mejora de procesos. Lean es una filosofía y un enfoque que enfatiza la mejora continua para reducir los residuos y optimizar las operaciones. Se centra en el cliente, y hace hincapié en el concepto de la eliminación de cualquier actividad que no puede agregar valor a la creación o la entrega de un producto o servicio.

¹⁶

Líneas abajo se muestra en la siguiente cita como integrar las prácticas lean a sus operaciones y otras funciones del negocio:

“Las empresas manufactureras que operan en mercados altamente cambiantes y altamente competitivos han adoptado la mentalidad de mejora continua de los procesos. Han trabajado para mejorar la calidad, la flexibilidad y el tiempo de respuesta al cliente utilizando los principios de la filosofía Lean. Para alcanzar su potencial, Lean debe adoptarse como una estrategia de negocios holística, en lugar de una actividad aislada en las operaciones. La empresa Lean requiere la integración de prácticas lean en todas las operaciones y otras funciones comerciales. Como un componente crítico para lograr el control financiero, las prácticas de contabilidad de gestión (MAP) deben ajustarse para cumplir con las demandas y los objetivos de las organizaciones Lean. (...) una práctica de Lean Manufacturing está directamente relacionada con el rendimiento de las operaciones.”(Fullerton y otros, 2014: 32(7), 414-428). (Traducción propia)

La gestión de procesos y Lean tienen mucho en común. Lean es una metodología de mejora basado en una definición de valor centrada en el cliente, se centra en la eliminación de los desechos de los procesos y la gestión de procesos es la optimización de los procesos

¹⁵Cfr. Rodríguez, y Jhazmín, 2014

¹⁶Cfr. Yarmohammadian y otros 2013:1(4), 229.

con la ayuda de la tecnología, para documentar y luego automatizar sus procesos. Mediante la combinación de la gestión de procesos y Lean, la empresa tiene la capacidad de optimizar los procesos y la capacidad de llegar a través del ciclo de vida de la mejora continua a la automatización de soluciones con el control del proceso y la gobernanza.¹⁷

El objetivo principal de una empresa Lean es reducir los residuos y al mismo tiempo aumentar el valor para el cliente. Actualmente, se considera al cliente como lo primordial cuando va a comprar sólo los productos que satisfagan sus necesidades y deseos. A medida que la producción de un alto porcentaje de componentes de valor agregado durante la mayor parte de la fabricación - y las organizaciones no manufactureras se externalizan, es insuficiente que la empresa sea más eficiente sin tener la red más eficiente.¹⁸

Por lo tanto, Lean Manufacturing es un conjunto de tareas que incrementan la eficiencia de la producción y personal permitiendo utilizar los recursos con mayor efectividad entregando así la producción oportunamente.¹⁹

De acuerdo con lo expuesto se concluye que el uso de las herramientas de Gestión por Procesos y Lean optimiza procesos estandarizándolos y elimina desperdicios en ellos.

Se debe buscar alternativas de mejora como parte de la estrategia para seguir siendo competitivos y aumentar su participación en el mercado. Las herramientas de Lean manufacturing, demuestran ser buenas estrategias para lograr las mejoras que superan significativamente el costo de la implementación, mejorando el sistema productivo sin incurrir en grandes inversiones²⁰. A continuación se explican algunas de las herramientas de Lean.

¹⁷Cfr. Dicken, y Walker 2012:1-9

¹⁸ Cfr. Herzog, N. V., y Tonchia, S. 2014: 60(12), 797-803.

¹⁹Cfr. Cruz-Mejia, O. 2015: 7(15), 19-32.

²⁰Cfr. Murugesan, V. M., y otros 2016:151-154. 4p.

Value Stream Mapping – VSM²¹

Value Stream Mapping se utiliza para ilustrar el flujo y la relación entre los procesos de trabajo. Un componente clave de la VSM es diferenciar las actividades de valor añadido de las actividades que no añaden valor.

La reducción o eliminación que no añaden valor a las actividades es de suma importancia y una meta principio de eficiencia en la fabricación. Tras un examen cuidadoso y detallado de sus procesos a través de VSM, pronto se hace evidente que las oportunidades de mejora se encuentran.

Resumen: El mapeo de sus procesos y donde el valor y sin valor añadiendo las actividades que ocurren dará lugar a una línea de base de la información de la que se pueden realizar enormes oportunidades de mejora.

JIT - Reducción del inventario y los tiempos de entrega²²

Reduciendo el inventario disminuirá su tiempo de entrega. El exceso de inventario presenta inherentemente una gran cantidad de residuos, por no hablar de los problemas de calidad (descomposición), los requisitos de almacenamiento, la inversión de los fondos, lo que limita el flujo de caja, entre otros.

Al comenzar este proceso hay que saber en primer lugar el estado de los niveles de inventario. La consideración cuidadosa de los costos, los plazos de entrega de reposición, y requisitos de espacio juegan un papel importante en la determinación de los niveles de inventario reducidos. El proceso de pedido a menudo se cambia y se vuelve a colocar más inventario en "puntos de uso."

El seguimiento y ajuste de inventario para satisfacer la demanda del cliente y amortiguar los ciclos económicos es crítico. El entrenamiento de su personal se lleva a cabo mediante

²¹ Ciarapica y otros 2016

²² Cfr. Macpherson y otros 2015

la realización de este proceso con expertos hasta que estén totalmente preparados para continuar los esfuerzos por su cuenta.

Se ha tomado el método de Rodríguez-Méndez, R., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J. L., & Arvizu-Barrón, E. (2015) en su investigación llamado “A case study: SMED & JIT methodologies to develop continuous flow of stamped parts into AC disconnect assembly line in Schneider Electric Tlaxcala Plant”, quienes proponen el siguiente procedimiento.

Primera Fase²³

De acuerdo con los autores Rodríguez-Méndez, R., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J. L., y Arvizu-Barrón, E. (2015), indican que el problema radica principalmente en los cambios repentinos en los niveles de producción dictados por el departamento de planificación de la demanda. Esta variación implica una reconfiguración constante particularmente para las áreas de planificación y producción de materiales. Por esta razón, la primera fase de cualquier estudio es identificar la demanda de la línea de producción. Teniendo esto en cuenta, los métodos más adecuados para pronosticar las series de tiempo son el Método de Regresión Lineal Simple, el método de Suavizado Doble Exponencial o el Método Multiplicativo, y también realizar el análisis de error. Los autores al departamento de planificación de producción, previa autorización de la administración de logística, que utilice el método multiplicativo para realizar la previsión de demanda para la línea, a modo de prueba. Este método permite compensar algunas tendencias o durante un cierto período calculando cuidadosamente los coeficientes de variación. Si se desea, se puede dar más peso a los últimos meses y los efectos del factor de ruido se amortiguan en parte al dar menos peso a la demanda anterior.

Segunda fase²⁴

Alisar la demanda y reducir las variaciones afecta directamente la disponibilidad y el manejo de los recursos en la operación. Se debe realizar una planificación agregada y

²³ Cfr. Rodríguez-Méndez, R., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J. L., & Arvizu-Barrón, E. (2015). 48(3), 1399-1404.

²⁴ Cfr. Rodríguez-Méndez, R., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J. L., & Arvizu-Barrón, E. (2015). 48(3), 1399-1404.

desarrollarla con estrategias constantes de producción y demanda de seguimiento para reducir los costos operativos y aumentar los beneficios (nivelación o balance de línea).

Tercera fase²⁵

En las áreas internas de Planificación de materiales y Almacén, sugieren diseñar un flujo logístico interno de materiales desde el almacén hasta el planeamiento de producción, reduciendo así los costos asociados con el movimiento de materiales e inventario de producción; volver a calcular los tamaños de lote de cada una de las piezas estampadas asegurando que los tamaños de lote sean menores que el uso diario, es decir, que cada lote cubra las horas de producción; recalcular el tiempo de espera del proceso según la implementación de SMED o cualquier otra herramienta como Poka Yoke, Heijunka, entre otros; reconfigurar el sistema para eliminar el almacenamiento de los componentes, y que estos se procesen a nivel del piso, lo que tiene un impacto directo en la reducción de producción de unidades.

Por tal motivo, a continuación, se explica el método multiplicativo y el balance de línea.

Análisis de demanda

El análisis de demanda, sugieren el método multiplicativo estacional ya que suaviza los valores pronosticados. El modelo es el siguiente²⁶:

1. Para el método multiplicativo el primer paso es el método de promedios móviles simple de la demanda histórica, los promedios generalmente se toman cada 3 periodos, como se muestra a continuación:

$$PMS_n = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

En donde:

PMS = promedio móvil simple

n = número de periodos en el promedio móvil

D_i = demanda en el periodo i

²⁵ Cfr. Rodríguez-Méndez, R., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J. L., & Arvizu-Barrón, E. (2015). 48(3), 1399-1404.

²⁶ Cfr. Barrow, D. K. (2016). 69(12), 6088-6096.

$i = 1, 2, \dots, n$

2. El segundo paso, se utiliza el método de promedios movibles centrados, de los promedios movibles simples, generalmente se toma dos periodos,

$$PM Cn = \frac{\sum_{i=1}^n PMSi}{n}$$

En donde:

PMC = promedio movable centrado

PMS = promedio movable simple en el periodo i

n = número de periodos en el promedio movable centrado

$i = 1, 2$

3. El tercer paso, es calcular la tendencia

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum \bar{y} - n\bar{x}^2}$$
$$a = \bar{y} + b\bar{x}$$

Para la ecuación:

$$y = ax + b$$

En donde,

n = número de periodos

$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$ = la media de los valores x

$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$ = la media de los valores y

En donde se aplica que los valores de y son los valores calculados de los promedios movibles centrados y los valores de x son los valores en serie de los periodos, se utiliza la función de Excel llamado Trend.²⁷

4. El índice de estacionalidad para cada uno de los periodos es

²⁷ Cfr. Barrow, D. K. (2016). 69(12), 6088-6096.

$$ie_i = \frac{D_i}{T_i}$$

En donde:

ie_i = índice de estacionalidad en el periodo i

D_i = demanda en el periodo i

T_i = cálculo de tendencia en el periodo i

$i = 1, 2 \dots n$

n = número de periodos²⁸

5. Se promedian los índices de estacionalidad por trimestres

$$ie_j = \frac{\sum_i^m ie_i}{m}$$

En donde:

ie_j = índice de estacionalidad para el trimestre j

m = número de periodos para el trimestre j

ie_i = índice de estacionalidad en el periodo i

$j = 1, 2 \dots m$

6. Por último se realiza el pronóstico multiplicativo, el cual es la suma del valor calculado para la tendencia de cada periodo i y se multiplica por el índice de estacionalidad del trimestre al cual pertenece el periodo.²⁹

7. Se calcula el error absoluto de la resta del pronóstico y demanda.³⁰

Balance de línea

La mayoría de los estudios se han dedicado a mejorar la precisión y eficiencia de los algoritmos y procedimientos para equilibrar las líneas de ensamblaje, y el objetivo principal para resolver los problemas es minimizar el número de estaciones (longitud de línea) durante un tiempo de ciclo fijo o minimizar el tiempo de ciclo para un número dado de estaciones. Este tipo de problemas se denominan problemas de equilibrio de línea de ensamblaje "orientados en el tiempo"; sin embargo, en el mundo competitivo de hoy, la

²⁸ Cfr. Barrow, D. K. (2016). 69(12), 6088-6096.

²⁹ Cfr. Barrow, D. K. (2016). 69(12), 6088-6096.

³⁰ Cfr. Barrow, D. K. (2016). 69(12), 6088-6096.

reducción de los costos de producción es una prioridad importante para las empresas manufactureras. El ensamblaje es una de las etapas de producción más importantes en la industria manufacturera, y la gran mayoría de los trabajadores que trabajan en sectores industriales como la industria automotriz y electrónica trabajan en líneas de montaje. Alrededor del 40-60% de los costos totales de muchos productos industriales están relacionados con sus costos de ensamblaje.³¹

Por lo tanto, un gran descenso en los costos de producción en la etapa de ensamblaje tiene un gran impacto en los costos finales de los productos de las empresas manufactureras, así como en la eficiencia de las empresas. En casos reales, el problema de balance de línea se puede implementar en dos situaciones diferentes, primero, durante la instalación de una nueva línea y en segundo lugar, cuando se necesita reequilibrar una línea. El reequilibrio es esencial cuando es necesario un cambio en los productos o cuando se ensamblan modelos mixtos en la línea. En este caso, el objetivo es el mejor uso posible de los recursos disponibles para minimizar los costos totales por unidad de producto en lugar de minimizar el tiempo de ciclo o el número de estaciones.³²

Las líneas de ensamblaje consisten en estaciones sucesivas en las cuales las unidades se mueven continuamente a través de las estaciones para ser ensambladas. Las estaciones se definen como los lugares donde se realizan ciertas tareas en los productos. Debido a la gran competencia en el mercado, es un tema muy importante para equilibrar esas líneas. Equilibrar las líneas de montaje se refiere a la asignación de tareas a las estaciones de trabajo en una línea de producción de modo que las restricciones definidas no se incumplan y se busque la máxima eficiencia en cada estación de trabajo durante un período de tiempo.³³

En las industrias modernas con competencia y variedad de productos cada vez mayores, la importancia de responder adecuadamente a los consumidores, proporcionando una línea de ensamblaje de modelos mixtos (MMAL) en lugar de modelos únicos ha sido de gran consideración. En las líneas de ensamblaje de modelos mixtos, varias unidades o

³¹ Cfr. Foroughi, A., Gökçen, H., & Tiacci, L. (2016). 23(6).

³² Cfr. Foroughi, A., Gökçen, H., & Tiacci, L. (2016). 23(6).

³³ Cfr. Zahiri, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Rezaei-Malek, M. (2016). 30(5), 2737-2748.

productos con características de producción similares o diferentes modelos de productos se ensamblan en la misma línea.³⁴

Recientemente, con el fin de perseguir el concepto de **Just-In-Time (JIT)** en los sistemas de producción, muchas fábricas están cambiando sus líneas rectas tradicionales por las de forma en U. La característica principal de una línea en U que la diferencia de la línea recta es que la entrada y la salida de la línea en U se encuentran en la misma posición. La ventaja más notable e importante de este diseño es la flexibilidad para aumentar o disminuir el número necesario de trabajadores al adaptarse a los cambios en la demanda. También contiene una estación de trabajo crossover que incluye tareas ubicadas tanto en la parte frontal como posterior de la línea U, mientras que una estación de trabajo regular incluye tareas ubicadas en la parte delantera o posterior de la línea U.³⁵

En el balance de línea el objetivo es maximizar la eficiencia de la línea, como se muestra a continuación³⁶:

$$LE = \frac{\sum_{i \in I} t_i}{ns * CT} * 100$$

En donde,

LE = eficiencia de línea o % de balance

ns = número de estaciones (operarios)

CT = tiempo del ciclo o ciclo de control

t_i = tiempo de proceso de la actividad i

I = conjunto de tareas $I = \{1, 2, \dots i \dots n\}$

Ciclo de control:

CT = máximo (t_i)

Número de estaciones u operarios:

Sí $CT_j = t_{i,j}$, $\rightarrow ns_{ij} = ns_{ij-1} + 1$

Sí $CT_j \neq t_{i,j}$, $\rightarrow ns_{ij} = ns_{ij-1}$

t_{ij} = tiempo de proceso de la actividad i de la iteración j

³⁴ Cfr. Zahiri, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Rezaei-Malek, M. (2016). 30(5), 2737-2748.

³⁵ Cfr. Zahiri, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Rezaei-Malek, M. (2016). 30(5), 2737-2748.

³⁶ Cfr. Li, D., Zhang, C., Shao, X., & Lin, W. (2016). 27(4), 725-739.

$j = \text{número de iteraciones} = 1, 2, \dots m$

Por lo tanto, al utilizar las fórmulas se logrará la eficiencia de la línea o balance.

Poka Yoke

Poka Yoke, son instalaciones técnicas, mecánicas e informativas que ayudan a los empleados a evitar errores.³⁷ Poka Yoke (PY) es un concepto japonés que significa asegurarse de que todo sea correcto. PY es un sistema en el que nada puede salir mal. Si se comete un error, como el color incorrecto, la parte incorrecta, se alerta al instante al trabajador. Fue desarrollado por Shingo más o menos se traduce para evitar errores. La idea detrás de PY es **respetar la inteligencia de los trabajadores**. PY se implementa utilizando dispositivos, plantillas, dispositivos, dispositivos de advertencia, sistemas de papel y algunos otros dispositivos Poka Yoke. La reducción de la variabilidad tiene una relación de efectos fuerte y positiva con PY. PY se enfoca en eliminar las causas de variación.³⁸

Herramientas de Ingeniería

Análisis de Oportunidad – Canvas

El análisis de Oportunidad Canvas generalmente se utiliza para la investigación en la psicología, la sociología y la empresa bajo una práctica de la guía de instrucciones para los aspirantes a empresarios y activos. El análisis de Oportunidad Canvas contiene un potente argumento de que cualquiera puede ser un empresario exitoso, examinando cuidadosamente a sí mismos y la oportunidad de negocio. Al aprovechar estas ideas, se pueden transformar las ideas en negocios para que se tornen en éxitos duraderos³⁹.

El análisis de Oportunidad Canvas está estructurado en nueve pasos segmentado para pensar con una mentalidad empresarial, motivación empresarial, y el comportamiento empresarial; bajo la condición de la industria, el estado de la industria, los cambios

³⁷ Cfr. Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). 48(3), 1870-1875.

³⁸ Cfr. Al-Tahat, M. D., & Jalham, I. S. (2015). 26(3), 571-583.

³⁹ Cfr. Green, J. V. 2013:3

macroeconómicos, y la competencia; y actuar con espíritu empresarial con la innovación de valor e identificación de oportunidades⁴⁰.

Figura N° 3: Análisis de Oportunidad – Canvas (9 Fases)

Fuente: Green, J (2015)

Analytic Hierarchy Process – AHP

El concepto de Decision Support System fue introducido por primera vez a principios de la década de 1970 por Michael S. Scott Morton con el término Management Decision System. Decision Support Systems (DSS) es definido por Michael S. Scott Morton como sistema interactivo basado en computadora, que ayuda a los responsables de la toma de decisiones a utilizar los datos y modelos para resolver problemas no estructurados. Según Alter (2002), Decision Support System (DSS) es un sistema de información interactivo que proporciona información, modelado y manipulación de datos. El sistema se utilizó para ayudar a la toma de decisiones en situaciones semiestructuradas y no estructuradas, donde nadie sabe con certeza cómo debe tomarse la decisión⁴¹.

⁴⁰ Cfr. Tahmasebi, F., y Pearce, R. 2016:

⁴¹ Cfr. Pieter, M. S., Lamia, I. I., & Wattimena, F. Y. (2017, November). (pp. 1-5). IEEE.

El Proceso analítico de jerarquía (AHP), desarrollado en la Wharton School of Business por Thomas L. Saaty, permite a los tomadores de decisiones modelar un problema complejo en una estructura jerárquica que muestra las relaciones del objetivo, objetivos (criterios), subobjetivos y alternativas. AHP trata sobre los detalles de un problema y luego reúne la solución de todos los sub-problemas en una conclusión. AHP facilita a los tomadores de decisiones con la configuración de la percepción, el sentimiento, el razonamiento y la memoria en un marco que muestra las fuerzas que influyen en una decisión.⁴²

Etapas de AHP⁴³

Los procedimientos o pasos en un método de toma de decisiones AHP en detalle incluyen:

- a. Definir los problemas y determine las soluciones esperadas, luego organice la jerarquía de los problemas.
- b. Determinar los elementos de evaluación de prioridad. Según Saaty (1988), para una variedad de problemas, la escala 1 a 9 es la mejor para expresar opiniones.
- c. Las consideraciones de síntesis sobre comparaciones pareadas se sintetizaron para obtener prioridades generales.
- d. Medición de la consistencia. Al tomar la decisión, es importante saber qué tan consistente es porque nadie quiere una decisión basada en consideraciones de baja consistencia.
- e. Cálculo del Índice de Consistencia (CI). El Índice de Coherencia se calcula de la siguiente manera⁴⁴:

$$CI = (\pi \text{ max} - n)/n-1$$

Dónde:

CI: Índice de consistencia

π max: la cantidad del cociente de valores suma con el número de criterios

n: número de criterios

- f. Cálculo de la relación de consistencia (CR). La relación de consistencia se calcula mediante:

⁴² Cfr. Pieter, M. S., Lamia, I. I., & Wattimena, F. Y. (2017, November). (pp. 1-5). IEEE.

⁴³ Cfr. Pieter, M. S., Lamia, I. I., & Wattimena, F. Y. (2017, November). (pp. 1-5). IEEE.

⁴⁴ Cfr. Pieter, M. S., Lamia, I. I., & Wattimena, F. Y. (2017, November). (pp. 1-5). IEEE.

$$CR = CI/IR$$

Dónde:

CR: Cociente de consistencia

CI: Índice de consistencia

IR: consistencia aleatoria del índice

g. Comprobar la consistencia de la jerarquía. Si el valor es superior al 10%, se debe corregir el juicio de evaluación de datos. Sin embargo, si la relación es menor o igual a 0.1, el resultado final puede considerarse verdadero.

h. Multiplicación de los promedios para dar el valor final de cada una de las alternativas⁴⁵

Optimización de producción

Para la optimización de la producción se toma el modelo de planeamiento de producción de periodos múltiples, con el objetivo de hallar el cronograma de producción que cumpla con la demanda Justo a Tiempo y minimice los costos totales de producción y tenencia de inventario.⁴⁶

La previsión de la demanda es un factor importante en la planificación de la producción, pero la demanda futura no es fácil de pronosticar en la práctica. Para ello, se toma el método factible de pronóstico de demanda recomendado por otras herramientas.⁴⁷

Este modelo es parte de investigación de operaciones, en primer lugar, en la práctica de la ingeniería industrial contemporánea, el paradigma imperante descuida separar conceptual u operativamente el modelo de la planta del modelo de control de esa planta. Además, los análisis de control óptimo y el análisis en general, que serán esenciales para proporcionar apoyo a la decisión bajo demanda, a menudo están diseñados para responder preguntas específicas, con un modelo de sistema implícito y muchas implementaciones de análisis posibles dependiendo de la pregunta, los datos de instancia y el solucionador. Finalmente, debido a la brecha semántica entre los modelos de investigación de

⁴⁵ Cfr. Pieter, M. S., Lamia, I. I., & Wattimena, F. Y. (2017, November). (pp. 1-5). IEEE.

⁴⁶ Cfr. Kim, B. S., & Do Chung, B. (2017). 64(4), 505-514.

⁴⁷ Cfr. Kim, B. S., & Do Chung, B. (2017). 64(4), 505-514.

operaciones, como la programación de trabajos y los modelos basados en TI, como el sistema de ejecución de fabricación (MES), existe poca integración entre los métodos de análisis de control y las herramientas de ejecución de control.⁴⁸

Tradicionalmente, los aspectos de planificación y control de la investigación de operaciones se dividen en tres amplias clasificaciones que reflejan sus respectivos horizontes de planificación: estratégica, táctica y operativa. Sin embargo, el control en el dominio de fabricación se extiende más allá del alcance de la investigación de operaciones, requiriendo la integración de negocios empresariales y sistemas de control de procesos.⁴⁹

En el modelo de planeamiento de producción debe considerarse el inventario de seguridad, de acuerdo con la siguiente fórmula⁵⁰:

$$\text{Inventario de Seguridad} = IS = Z \sigma_d (TR^{1/2})$$

En donde

Z: Factor de seguridad asociado al nivel de servicios (NS), [adimensional]

N.S. Z

85 .00 % Z1 = 1.039

90.00 % Z2 = 1.300

95.00 % Z3 = 1.650

97.00 % Z4 = 1.900

99.00 % Z5 = 2.370

σ_d : Desviación estándar diaria de la demanda, en unidades

TR: Tiempo de reposición es la demora en llegar un pedido efectuado [días]

El modelo propuesto de planeamiento de producción de múltiples periodos es como sigue⁵¹:

⁴⁸ Cfr. Sprock, T., & McGinnis, L. F. (2015). 48(3), 1865-1869.

⁴⁹ Cfr. Sprock, T., & McGinnis, L. F. (2015). 48(3), 1865-1869.

⁵⁰ Cfr. Sonntag, D., & Kiesmüller, G. P. (2017). 26(7), 1284-1298.

⁵¹ Cfr. de Athayde Prata, B., Pitombeira-Neto, A. R., & de Moraes Sales, C. J. (2015). 141(10), 04015029.

$$\text{minimizar } \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^t \left(c_{ik} - \sum_{j=1}^n l_j x_{ijk} \right) \quad (1)$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n l_j x_{ijk} \leq c_i \quad i = 1, \dots, m; \quad k = 1, \dots, t \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^t x_{ijk} = d_j \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad \text{y los enteros } i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n; \quad k = 1, \dots, t \quad (4)$$

Fuente: de Athayde Prata, B., Pitombeira-Neto, A. R., & de Moraes Sales, C. J. (2015). 141(10), 04015029.

En donde:

Parámetros:

m = número de formas;

n = número de tipos de productos;

c_i = capacidad de la forma i;

l_j = longitud de un producto de tipo j; y

d_j = demanda de un producto de tipo j.

Variables de decisión de enteros:

x_{ij} = cantidad de productos de tipo j en la forma i;

t = número de períodos de tiempo requeridos para completar las órdenes de producción;
y

x_{ijk} = cantidad de productos de tipo j en la forma i en el período de tiempo k.

El objetivo es programar la producción de los productos a fin de minimizar los costos de producción, considerando un horizonte de planificación de t períodos de tiempo.

La función objetivo Eq. (1) es la minimización de los costos en todas las formas para todos los períodos de tiempo. Las restricciones en Eq. (2) asegurar que la longitud total de los productos sea menor o igual a la capacidad de la producción. Las restricciones en Eq. (3) asegurar que la cantidad total de los productos sea igual a la demanda. Finalmente, las restricciones en Eq. (4) define el alcance de las variables del modelo. Este modelo

tiene $n \times m \times t$ variables de decisión enteras. Incluso para problemas pequeños, con pocas formas, vigas y períodos de tiempo, la cantidad de soluciones posibles es alta, lo que dificulta que los planificadores elaboren esquemas óptimos sobre una base empírica. Esto justifica el uso de un algoritmo de optimización.⁵²

Modelado y Simulación de Procesos

Según Contreras (2013), el modelado es la estructuración lógica que facilita la gestión de la producción y de la logística de manera separada o conjunta. Los propósitos del modelado son: la gestión de las variables del proceso de fabricación y logística, volver a planear, elaborar simulaciones, por último, proveerá un mejor servicio al cliente de modo que permiten evaluar escenarios mediante técnicas de investigación de operaciones.⁵³

Casos de éxito

Los casos de éxito reflejan los métodos y teoría que se ha introducido en esta investigación como soporte de la propuesta de mejora

Caso 1: Optimización, demanda y balance de línea

Problema: Los encargados de la toma de decisiones (DM) en la línea están buscando un nuevo diseño de línea de montaje para que la línea completa de este producto se configure eficientemente en términos de balance de línea y consideraciones de PF. Desde un aspecto de equilibrio de línea, les gustaría encontrar un diseño de línea de montaje óptimo para que el alternador pueda producirse de manera eficiente y al mismo tiempo asegurar que los tiempos de la estación no excedan los TI proporcionados.

Herramientas utilizadas:

- Análisis de demanda
- Balance de línea
- Optimización de producción

Resultados:

⁵² Cfr. de Athayde Prata, B., Pitombeira-Neto, A. R., & de Moraes Sales, C. J. (2015). 141(10), 04015029.

⁵³ Cfr. Contreras, 2013:(47), 66-87.

En general, al usar el modelo de programación matemática jerárquica propuesto en el primer nivel, la configuración de la línea de ensamblaje estocástica se optimiza desde el aspecto de equilibrio de línea, luego se aborda la optimización de producción en el segundo nivel, donde el transporte, inventario y los costos de instalación están optimizados. Por lo tanto, el modelo propuesto puede ayudar a los productores a configurar sus líneas de ensamblaje estocástico al considerar dos problemas de equilibrio interrelacionados a largo plazo y producción. Desde un punto de vista gerencial, el modelo propuesto puede ayudar a los gerentes de producción a cubrir los costosos efectos de las variaciones en tiempos de tareas y demanda, mientras enfrentan el problema de decisión estratégica de configurar sus líneas de ensamblaje del mundo real a partir de los aspectos de equilibrio de línea y producción.

Caso 2: Optimización de producción⁵⁴

Problema: Demora en la entrega e inventario reducido de vigas de concreto prefabricadas

Metodología: Investigación de operaciones, optimización del planeamiento de producción

Redujo el tiempo de 9.20 segundos a 4.07 segundos y los costos en un 17%, además se redujo las pérdidas en la producción de las diferentes dimensiones de las vigas de concreto, como se muestra a continuación

Figura N° 4: Producción actual

Fuente: de Athayde Prata, B., Pitombeira-Neto, A. R., & de Moraes Sales, C. J. (2015). 141(10), 04015029.

Figura N° 5: Producción mejora

⁵⁴ Cfr. de Athayde Prata, B., Pitombeira-Neto, A. R., & de Moraes Sales, C. J. (2015). 141(10), 04015029.

Form 1	2	2	2	3	4	5		
Form 2	1	1	1	1	1	2	2	6
Form 3	2	4	5	5	5			
Form 4	3	3	3	3	4			
Form 5	1	1	2	2	2	4	5	
Form 6	3	3	3	3	4			
Form 7	4	4						

Fuente: de Athayde Prata, B., Pitombeira-Neto, A. R., & de Moraes Sales, C. J. (2015). 141(10), 04015029.

Por lo tanto, al utilizar la optimización de producción, reduce inventario, merma y tiempos.

Marco Normativo

La empresa se rige bajo las leyes de la república de Perú, específicamente la Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el trabajo, el cual se aplica a todas las empresas del Perú para la prevención, capacitación, medición y eliminar los accidentes laborales en cuanto a la seguridad y salud de los operarios en una empresa.⁵⁵

Asimismo, incluye la guía básica para la implementación de dicha ley en cada una de las empresas, esta guía comprende de cinco partes⁵⁶:

- 1.- Lista de verificación de lineamientos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- 2.- Plan y programa anual de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- 3.- Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos Laborales.
- 4.- Mapa de Riesgos.
- 5.- Auditoría del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Esta Guía Básica sobre Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) se ha elaborado considerando la gestión de la prevención de los riesgos laborales y para

⁵⁵ Cfr. Diario Oficial El Peruano (2011). pp. 448694-448706

⁵⁶ Cfr. PConsultores (2013)

mejorar su funcionamiento de una forma organizada y continua. Por lo tanto, incluyen las Directrices de la OIT sobre Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (ILO/OSH 2001), OHSAS 18001 Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional y la normativa nacional: Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su Reglamento aprobado mediante el Decreto Supremo N° 005-2012-TR.

Capítulo 2: Análisis de la Organización

En este capítulo se analiza y evalúa la situación actual de la empresa “Marquería Hugo”, en los primeros puntos se describe la organización, se identifica la problemática y problemas para poder desarrollar las herramientas de ingeniería que se aplicarán para la solución de ellos.

Análisis del Sector Industrial

Aspectos Macroeconómicos – Industria de Madera

La historia de la madera en el Perú y particularmente en la región de Loreto, comprende una formación de procesos de intercambio y estructura del trabajo⁵⁷. En el período 1978-1981 para el efecto de demanda interna el sector textil, confecciones y cueros (-180/o), y la de madera y mueblería (-27/o) fueron los únicos que tuvieron resultados negativos. El mercado se refiere a los competidores y oportunidades de negocio, donde la empresa puede penetrar y hacerse competitivo y productivo.⁵⁸

En el año 2015 según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), indica que:

“(…) en el tercer trimestre de 2015 el valor agregado bruto de la actividad manufactura a precios constantes de 2007 presentó una contracción de 2.3%, en relación con el mismo periodo de 2014. Rubro que incluye la Industria de madera”. (...) Sin embargo, INEI también observó que dentro de la actividad manufactura algunas de la industrias registraron decrecimientos en sus niveles de producción por el contrario la industria de madera se mantuvo con un crecimiento acumulado de 7.7% en el tercer trimestre del año 2015, y mantuvo un acumulado en el año 2014 de 2.9% como se muestra en la tabla 1”. (INEI, 2015)

Tabla N° 2: Manufactura: Valor Agregado Bruto

(Variación porcentual del índice de volumen físico respecto al mismo periodo del año anterior)
Valores a precios constantes de 2007

⁵⁷Cfr. Romero, 2014: 27.

⁵⁸Cfr. Tosoni, y Falconi, 2015: 43-69.

Actividades	2015/2014				
	I Trim	II Trim	III Trim	Acumulado al II Trim	4 últimos Trim
Manufactura	-5.1	-0.2	-2.3	-2.5	-4.2
Industria alimenticia	-6.2	7.7	-1.2	0.3	-2.8
Industria textil y de cuero	-9.9	-2.0	-4.7	-5.7	-7.4
Industria de madera y muebles	2.5	3.9	15.0	7.7	2.9
Industria del papel, edición e impresión	-17.8	-0.2	0.2	-7.3	-7.1
Industria química	-4.9	-0.1	1.9	-1.0	-1.2
Fabricación de productos minerales no metálicos	0.9	-5.4	-4.3	-3.0	-2.7
Industrias metálicas básicas	-1.3	-3.8	-7.0	-4.0	-7.6
Fabricación de productos metálicos	2.5	-1.1	-3.1	-0.5	-1.1
Productos manufacturados diversos	-11.7	-13.7	-15.8	-13.8	-15.5

Fuente: INEI, 2015

Como se muestra en la tabla N° 2, la industria de madera y muebles obtuvo un valor agregado de 15.0% en el tercer trimestre de 2015. Las otras actividades tienen valores negativos o por debajo del 0.5%. El 85% de la producción total pertenece al mercado interno siendo la industria principal la del mueble y construcción especialmente Lima.⁵⁹ Líneas abajo presentamos la siguiente figura donde indica la participación en el mercado el rubro madera y papel a enero del año 2014.

Figura N° 6: Participación del sector industrial

Fuente: SNI 2014:60

⁵⁹Cfr. Mejía y otros 2015.

En la figura N°6, se observa el porcentaje de participación de las industrias en Perú, como la de madera y papel es el 8%, así como la industria de alimentos, bebidas y tabaco y el 7% de caucho y plástico y las de menor participación con el 3% es el sector de maquinaria y equipos y el 2% del sector de vehículos y equipos de transporte.

La importancia de la tala legal es también importante para la fabricación de la madera, en Chile indica que este tipo de análisis e implementación se debe dar ya que la actividad forestal se encuentra influenciada por la demanda internacional y se exige que sea de tala legal para los productos terminados en madera, teniendo consecuencias directas e indirectas en la actividad económica regional, siendo Perú, Brasil, Colombia.

Sector Exportaciones e Importaciones Marcos de Madera

Por la escasez de estudios y datos estadísticos de empresas productoras de marcos de madera, se ha ingresado directamente al sitio web de SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y Tributaria) para poder determinar el alcance de las exportaciones del año 2015, el código establecido por SUNAT para este rubro es 4414.00.00.00 como se muestra en la siguiente tabla.⁶⁰

Tabla N° 3: Código de Rubro SUNAT - Marcos de madera

4412.99.00.00	- - Las demás
4413.00.00.00	Madera densificada en bloques, tablas, tiras o perfiles.
4414.00.00.00	Marcos de madera para cuadros, fotografías, espejos u objetos similares.
4415.10.00.00	- Cajones, cajas, jaulas, tambores y envases similares; carretes para cables
4415.20.00.00	- Paletas, paletas caja y demás plataformas para carga; collarines para paletas
4416.00.00.00	Bariles, cubas, tinas y demás manufacturas de tonelería y sus partes, de madera, incluidas las duelas.

Fuente: SUNAT 2015

Volúmenes de Exportaciones e Importaciones

Los volúmenes de venta de exportación para la fabricación de marcos de madera para cuadros, fotografías, espejos u objetos similares fueron de US\$347,316.22 FOB para el año 2017 con una variación porcentual equivalente a 5.83% con respecto al año 2016, el

⁶⁰Cfr. SUNAT 2015.

precio por kilo es de US\$23.40, habiéndose incrementado el precio por kilo de US\$18.21 del año 2016, sin embargo, el peso neto se ha reducido del año 2015 al 2017, incrementándose el precio por kilo:

Tabla N° 4: Exportaciones Marcos de Madera (Sólo bienes finales) – 2014-2017

Exportaciones						
Año	Valor Fob	Var %	Peso neto (kg)	Var %	US\$/kilo	Var %
2014	\$ 909,663.90		21,474.50		\$ 42.36	
2015	\$ 286,919.64	-68.46%	37,344.86	73.90%	\$ 7.68	-81.86%
2016	\$ 328,173.63	14.38%	18,018.67	-51.75%	\$ 18.21	137.06%
2017	\$ 347,316.22	5.83%	14,843.31	-17.62%	\$ 23.40	28.47%

Fuente: Sunat 2018

Por lo tanto, se ha mantenido el promedio de ventas de exportación desde el año 2015 al 2017.

En cuanto a las importaciones, se ha mantenido para los años 2016 y 2017 de US\$580,698.86 y US\$571,631.89, respectivamente, reduciéndose de las importaciones del año 2014 de US\$1,020,847.56 a un precio de US\$0.94 promedio por kilo, diferenciándose a la venta. La mayoría de las importaciones llega de China, siendo mayor al 80% de participación para los años 2014 al 2016, sin embargo, para el año 2017 la participación de las importaciones de China con respecto a este rubro fue de 91.07%, como se muestra a continuación:

Tabla N° 5: Importaciones Marcos de Madera (Sólo bienes finales) – 2014-2017

Importaciones						
Año	Valor Fob	Var %	Peso neto (kg)	Var %	US\$/kilo	Var %
2014	\$ 1,020,847.56		1110095.57		\$ 0.920	
2015	\$ 770,082.67	-24.56%	818950.59	-26.23%	\$ 0.940	2.25%
2016	\$ 580,698.86	-24.59%	614864.47	-24.92%	\$ 0.944	0.44%
2017	\$ 571,631.89	-1.56%	607175.94	-1.25%	\$ 0.941	-0.31%

Fuente: Sunat 2018

De la tabla precedente, se muestra que ha habido una disminución significativa de importaciones en cuanto a los marcos de madera del año 2014 al 2015 por 24.56%, pero del año 2016 al 2017 una reducción de 1.56%, reduciéndose el precio de US\$0.944 a US\$0.941 por kilo importado, reduciéndose el precio en un 0.31%.

Mercado

De acuerdo con el reporte de SUNAT el principal mercado de destino de las exportaciones de marcos de madera es EEUU para el año 2017, cuya participación en dicho rubro es del 80.7% equivalente a US\$ 280,280.60 FOB. Y el principal mercado de importaciones de marcos de madera es China para el año 2017, cuya participación es del 91.7% equivalente a US\$ 521,356.60 FOB.⁶¹

Los peruanos prefieren la madera

Las personas para satisfacer sus requerimientos utilizan madera para fabricar muchos productos.⁶²La manufactura no primaria tuvo un impacto positivo, por el aumento de la fabricación de piezas de carpintería para edificios y construcciones.⁶³

En el artículo publicado en el Diario Gestión indica que.

“(…) aumentó la demanda de productos de madera en el año 2013 al 6.6% con respecto al año anterior, según estudios realizados por la Sunat y

⁶¹Cfr. SUNAT 2018

⁶²Cfr. Peña y Rúaless, 2015

⁶³Cfr. Perú 21 2015

Cámara Peruana de la Construcción (Capeco) en el 2014 (...) el 65% de los limeños eligieron productos de madera para sus hogares, según los estudios realizados por el Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado de la Construcción–Capeco.(...) el estudio elaborado por SUNAT para el año 2013 indicó que (...) el sector de la madera de forma decorativa obtuvo ventas mayores a S/. 3,300 millones, 6.6% más que el año anterior y el 96% de las empresas madereras registradas son microempresas. El 37% se encuentra en Lima, seguido por Ucayali, Cusco y Loreto, con 6.8%, 5.7% y 5.5%, respectivamente. Igualmente, se observa que las importaciones de muebles y productos de madera ascendieron a más de S/. 865 millones”. (Gestión, 2015)

Demanda Interna

De acuerdo con el informe de INEI del mes de febrero de 2018 indica que al término del año 2017, la demanda interna incrementó al 5%,

“En el cuarto trimestre del año 2017, el Producto Bruto Interno (PBI), a precios constantes del año 2007, se incrementó en 2,2% explicado por la evolución favorable de la demanda interna (5,0%) siendo la tasa más alta desde el tercer trimestre de 2013; informó el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) mediante el Informe Técnico Comportamiento de la Economía Peruana. En el informe se precisó que dicho comportamiento se dio en un contexto de crecimiento de las principales economías desarrolladas como es el caso de la zona del Euro, China, Estados Unidos de América y Canadá. A esto se sumaron las repercusiones positivas en los precios de las materias primas, en particular de los metales.” (INEI, 2018)

La demanda interna se refiere que las ventas incrementan en Perú, de acuerdo con el incremento del incremento del PBI a 2.2%.

Descripción de la empresa

La microempresa “Marquería Hugo” de propiedad de la Sra. Dionisia Asis Alberto de Huamán, administrada y manejada por su hijo el Sr. Hugo Huaman Asis registrada en SUNAT como Persona Natural con Negocio y su actividad es de Otro Tipo de Venta al Por Menor, con su sede principal en Av. Petit Thouars Nro. 5330 Int. 154 (Frente A

La Marquería Hugo se dedica a la fabricación de marcos de diferentes tamaños y venta de pinturas de artistas peruanos. Sus clientes son otras Marquerías y público en general

[illegible]

Misión y visión

Entregar productos de buena calidad a sus clientes bajo los precios que existen en el mercado.

Tener un crecimiento económico importante para poder desarrollar el negocio en una mediana o gran empresa, teniendo la factibilidad de abrir otras sucursales en otros distritos a nivel nacional.

El organigrama de la Marquería es como sigue:

46

Fuente: Planta de Marquería Hugo, Elaboración Propia

Análisis de Oportunidad – Canvas

Figura N° 9: Análisis de Oportunidad - Canvas

Fuente: Elaboración Propia

Productos

La Marquería en estudio fabrica los marcos de madera y comercializa las pinturas de un promedio de 50 artistas:

- Fabricación y ventas de marcos
- Pinturas y marcos

La fabricación y ventas de marcos, sólo comprende la estructura de diferentes mediciones como se muestra a continuación:

Tabla N° 6: Dimensiones en centímetros de la fabricación de marcos

Dimensiones
20*25
20*50
30*40
40*50
60*80
70*90
70*100
Medidas a pedido

Fuente: La empresa

Es decir, la empresa sólo fabrica de las dimensiones indicadas en la tabla N°6 con cuatro diferentes anchos, de 2, 3 y 4 pulgadas. Las dimensiones que se indican en la tabla son en centímetros y se refiere a, por ejemplo, la primera de 20*25 es 20 x 25 centímetros. Siendo los más vendidos en el año 2017 de la medida 70*100, con un total de 6009 unidades equivalente al 39.20%, el 84.79% incluye las medidas 70*100, 70*90 y 60*80, como se muestra a continuación:

Figura N° 10: Clasificación ABC - Marcos más vendidos – 2017

Fuente: La empresa

Por otro lado, la venta de pinturas comprende a las obras entregadas a consignación de un promedio de 50 artistas para los 12 puntos de venta. A continuación, se muestra un ejemplo de los productos (pinturas y marcos) en una tienda:

Figura N° 11: Pinturas en venta en tiendas

Fuente: La empresa

Ventas

La Marquería Hugo ha logrado tener un total de ventas de S/1,966,228.93 soles en el año 2017, lo que significa que tiene potencial para su crecimiento económico al implementar y estandarizar los procesos en este momento, lo cual demuestra el incremento de la demanda interna del 5% debido al incremento del PBI al 2.2%. la variación de las ventas del año 2017 al 2016 es de 4.792%, reflejándose el incremento de la demanda interna. La venta de S/1,575,157.50 corresponde a la producción de 15330 unidades producidas en el año 2017, equivalente a 4245.46 días.

Figura N° 12: Ventas Históricas 2012 – 2017

Fuente: Planta de Marquería Hugo, Elaboración Propia

En la tabla N°7, se desglosa las ventas por unidades por año desde el año 2015 al 2017 de manera mensual de los marcos y pinturas, correspondiente a las ventas anuales indicadas en la figura N° 12, se observa el incremento de la venta de marcos y pinturas permanecen en un promedio. Las pinturas no pueden dejarse de vender, ya que existen clientes que buscan pinturas ya enmarcadas. Se observa que las unidades de la venta de las pinturas se mantienen en un promedio menor de 200 pinturas por mes desde el año

2015, sin embargo, la fabricación y ventas de marcos incrementó de 702 unidades para el mes de enero de 2015 a 1333 unidades para el mes de diciembre de 2017.

Tabla N° 7: Ventas de marcos y pinturas 2015-2017

Año	2015				Año	2016				2017			
	Unidades		Soles			Unidades		Soles		Unidades		Soles	
Mes	Marcos	Pinturas	Marcos	Pinturas	Mes	Marcos	Pinturas	Marcos	Pinturas	Marcos	Pinturas	Marcos	Pinturas
Enero	702	101	S/ 70,902.00	S/ 16,059.00	Enero	1112	152	S/ 122,320.00	S/ 27,360.00	1187	175	S/ 121,964.25	S/ 31,250.00
Febrero	785	103	S/ 79,285.00	S/ 16,377.00	Febrero	1172	164	S/ 128,920.00	S/ 29,520.00	1392	179	S/ 143,028.00	S/ 31,964.29
Marzo	733	106	S/ 74,033.00	S/ 16,854.00	Marzo	1211	169	S/ 133,210.00	S/ 30,420.00	1202	182	S/ 123,505.50	S/ 32,500.00
Abril	801	104	S/ 80,901.00	S/ 16,536.00	Abril	1274	174	S/ 140,140.00	S/ 31,320.00	1440	185	S/ 147,960.00	S/ 33,035.71
Mayo	873	110	S/ 88,173.00	S/ 17,490.00	Mayo	1172	173	S/ 128,920.00	S/ 31,140.00	1246	187	S/ 128,026.50	S/ 33,392.86
Junio	812	98	S/ 82,012.00	S/ 15,582.00	Junio	1187	178	S/ 130,570.00	S/ 32,040.00	1226	181	S/ 125,971.50	S/ 32,321.43
Julio	898	99	S/ 90,698.00	S/ 15,741.00	Julio	1014	169	S/ 111,540.00	S/ 30,420.00	1258	184	S/ 129,259.50	S/ 32,857.14
Agosto	809	99	S/ 81,709.00	S/ 15,741.00	Agosto	1125	189	S/ 123,750.00	S/ 34,020.00	1235	186	S/ 126,896.25	S/ 33,214.29
Setiembre	976	184	S/ 98,576.00	S/ 29,256.00	Setiembre	1124	184	S/ 123,640.00	S/ 33,120.00	1201	179	S/ 123,402.75	S/ 31,964.29
Octubre	926	112	S/ 93,526.00	S/ 17,808.00	Octubre	1114	112	S/ 122,540.00	S/ 20,160.00	1320	178	S/ 135,630.00	S/ 31,785.71
Noviembre	979	178	S/ 98,879.00	S/ 28,302.00	Noviembre	1217	178	S/ 133,870.00	S/ 32,040.00	1290	177	S/ 132,547.50	S/ 31,607.14
Diciembre	926	166	S/ 93,526.00	S/ 26,394.00	Diciembre	1331	166	S/ 146,410.00	S/ 29,880.00	1333	197	S/ 136,965.75	S/ 35,178.57
TOTAL	10220	1460	S/ 1,032,220.00	S/ 232,140.00	TOTAL	14053	2008	S/ 1,545,830.00	S/ 361,440.00	15330	2190	S/ 1,575,157.50	S/ 391,071.43

Fuente: La empresa

Figura N° 13: Venta de marcos vs. pinturas 2015-2017

Fuente: La empresa

En la figura N° 13, se muestra la venta de las unidades de pinturas y de marcos, las pinturas se han mantenido en un promedio menor que 200 unidades, pero la venta de los marcos incrementa anualmente, el incremento de la venta de los marcos se debe específicamente al incremento de los puntos de ventas o tiendas. Para el año 2017, las ventas por marcos equivalen al 80.11% del total de las ventas de S/1,966,228.93.

En la figura N°14 se puede observar que el monto de ventas ha ido aumentando por el incremento de puntos de venta de 4 para el año 2012 a 12 para el año 2017.

Figura N° 14: Número de tiendas 2012 – 2017

Elaboración Propia

El número de tiendas ha incrementado de 4 a 12 del año 2012 al 2017, respectivamente, manteniéndose el mismo número entre los años 2014-2015, del año 2012 al 2014 incrementó dos por año, sin embargo, del año 2015 al 2016 incrementó 3 pero para el año 2017 sólo agregaron 1 tienda más. Del año 2015 a 2017 se incrementaron 8 tiendas desde el año 2012 y para este rango de años se incrementó en 4 tiendas.

La relación de incremento de tiendas y sus ventas en unidades se muestra a continuación:

Figura N° 15: Diagrama de Dispersión, Marcos Vs. Tiendas

Fuente: La empresa

En la figura 15, se muestra que la tendencia de incremento de tiendas (variable independiente) se refleja en el incremento de la venta de producción y venta de marcos (variable dependiente), lo que se refiere a una relación linear y positiva según con la definición de los diagramas de dispersión entre las dos variables. El eje X es la variable independiente y el eje Y es la variable dependiente.

Costos de materia prima

Los costos de materia prima son aquellos que se utilizan en la producción incluye:

- Costos de madera, listones de 2.5 metros de largo de diferentes anchos de 1, 2, 3 y 4 pulgadas para la fabricación de los marcos. (Demanda e inventario de seguridad por un total de 15700 unidades)
- El costo de la pérdida de los listones de madera, por ejemplo en un listón de largo de 2.50 metros al cortar para un marco de 20cm * 25cm, el listón pierde en el corte 0.6cm entre pieza es decir el corte es de 20.6 * 25.6 cm, además queda un

remanente del listón que ya no se puede utilizar, al cortar los 2.5 metros, se cortan 12 piezas de 20.60 cm, siendo un total de 247.20 cm, quedando una merma de 2.8cm, lo cual debe desecharse.

Los costos se muestran a continuación:

Tabla N° 8: Costos de Materia Prima - 2017

Costos							
Mes - 2017	Sum of Lote req unidades	Inventario de seguridad	Costo en MP	Pérdida por corte	Costo total	Costo por marco	
Ene	1187	28	S/ 43,098.27	S/ 3,033.69	S/ 46,131.96	S/ 38.86	
Feb	1392	34	S/ 48,376.63	S/ 3,422.56	S/ 51,799.19	S/ 37.21	
Mar	1202	25	S/ 41,982.75	S/ 3,175.22	S/ 45,157.97	S/ 37.57	
Abr	1440	42	S/ 51,119.03	S/ 3,645.49	S/ 54,764.52	S/ 38.03	
May	1246	22	S/ 42,598.92	S/ 2,901.58	S/ 45,500.50	S/ 36.52	
Jun	1226	32	S/ 42,741.25	S/ 3,042.51	S/ 45,783.76	S/ 37.34	
Jul	1258	31	S/ 44,897.10	S/ 3,069.77	S/ 47,966.87	S/ 38.13	
Ago	1235	36	S/ 42,169.99	S/ 2,764.62	S/ 44,934.61	S/ 36.38	
Set	1201	30	S/ 43,106.34	S/ 3,124.26	S/ 46,230.60	S/ 38.49	
Oct	1320	33	S/ 46,735.71	S/ 3,440.00	S/ 50,175.71	S/ 38.01	
Nov	1290	28	S/ 46,076.36	S/ 3,204.40	S/ 49,280.76	S/ 38.20	
Dic	1333	29	S/ 46,450.03	S/ 3,111.65	S/ 49,561.68	S/ 37.18	
Total	15330	370	S/ 539,352.38	S/ 37,935.75	S/ 577,288.13		

Fuente: La empresa

En la tabla N°8 se observa que el total del costo de compra para la producción de 15700 marcos es de S/577,288.13, equivalente al 36.65% de las ventas de marcos de S/1,575,157.50, los cual se desglosa en el monto de pérdida por corte de S/37,935.75, equivalente al 2.41% de las ventas y el resto se refiere a lo que se utiliza para la producción de las 15700 unidades de S/539,352.38. El costo por corte inicial no es significativo ya que se encuentra por debajo del 5%. Los costos por marco varían de mes a mes por el cambio de los precios de los proveedores.

Personal

La empresa, en el año 2017, contaba con 34 empleados siendo la mayor cantidad para la atención de las tiendas con 24, en oficina son 2 y para planta 8. Habiéndose incrementado

de un total de 16 a 34 para los años 2012 a 2017 respectivamente, como se muestra a continuación:

Figura N° 16: Personal 2012 – 2017

Fuente: La empresa

En la figura 16, se muestra que el personal designado para la oficina no ha variado, siendo en el tiempo de 2, el personal de planta ha incrementado de 6 a 8 para los años 2012 y 2017, respectivamente. Los 8 operarios en planta cumplen y realizan diferentes actividades de acuerdo con su conocimiento o especialidad, sin embargo, esta especialidad no se comprueba por la necesidad que la planta siga operando y produciendo marcos para las tiendas. Los sueldos o salarios del personal histórico, no ha variado como se muestra a continuación:

Tabla N° 9: Planilla y carga de planilla

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Número de tiendas	4	6	8	8	11	12
Número de empleados tiendas	8	12	16	16	22	24
Número de empleados en oficina	2	2	2	2	2	2
Número de empleados en planta	6	6	6	7	8	8
Total	16	20	24	25	32	34
Promedio Sueldo por persona (planta, oficina y tiendas)	S/ 650.00	S/ 650.00	S/ 650.00	S/ 650.00	S/ 650.00	S/ 750.00
Planillas y Carga de Planillas						
ONP (9%)	S/ 58.50	S/ 58.50	S/ 58.50	S/ 58.50	S/ 58.50	S/ 67.50
AFP (13%)	S/ 84.50	S/ 84.50	S/ 84.50	S/ 84.50	S/ 84.50	S/ 97.50
Total por persona	S/ 793.00	S/ 793.00	S/ 793.00	S/ 793.00	S/ 793.00	S/ 915.00
Costo hora hombre por operario	S/ 3.97	S/ 3.97	S/ 3.97	S/ 3.97	S/ 3.97	S/ 4.58
Costo hora hombre en tienda	S/ 31.72	S/ 47.58	S/ 63.44	S/ 63.44	S/ 87.23	S/ 95.16
Costo hora hombre en oficina	S/ 7.93	S/ 7.93	S/ 7.93	S/ 7.93	S/ 7.93	S/ 7.93
Costo hora hombre en planta	S/ 23.79	S/ 23.79	S/ 23.79	S/ 27.76	S/ 31.72	S/ 36.60
Planilla y carga de planillas	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Planilla tiendas	S/ 76,128.00	S/ 114,192.00	S/ 152,256.00	S/ 152,256.00	S/ 209,352.00	S/ 263,520.00
Planilla oficina	S/ 19,032.00	S/ 19,032.00	S/ 19,032.00	S/ 19,032.00	S/ 19,032.00	S/ 21,960.00
Planilla planta	S/ 57,096.00	S/ 57,096.00	S/ 57,096.00	S/ 66,612.00	S/ 76,128.00	S/ 87,840.00
Sub Total planillas y carga	S/ 152,256.00	S/ 190,320.00	S/ 228,384.00	S/ 237,900.00	S/ 304,512.00	S/ 373,320.00

Fuente: La empresa

El total de planilla en planta es de S/87,840 equivalente al 5.58% de las ventas, y el total de S/373,320 es equivalente al 23.70% de las ventas.

Por otro lado, se analiza la relación entre las unidades producidas y número de operarios en planta es como sigue:

Figura N° 17: Diagrama de Dispersión Operarios Vs. Producción (ventas) Marcos

Fuente: La empresa

En la figura 17, se muestra que la tendencia de incremento de unidades producidas (variable independiente) se refleja en el incremento de operarios es planta (variable dependiente), lo que se refiere a una relación linear y positiva según con la definición de los diagramas de dispersión entre las dos variables. El eje X es la variable independiente y el eje Y es la variable dependiente.

Proceso general de la empresa

La Marquería Hugo, por no tener procesos estandarizados y básicamente un trabajo empírico, se ha elaborado el mapa de procesos de la organización en general por observación. Trabajo que se realizó aproximadamente un mes debido a la diferencia de procesos empíricos diarios. Se ha tomado como referencia el proceso con más frecuencia.

Equipos

La Marquería Hugo cuenta con los siguientes equipos para realizar la fabricación de los marcos:

- Máquina de corte SIERRA CIRCULAR

Figura N° 18: Máquina de corte SIERRA CIRCULAR

Fuente: La empresa

Esta máquina se encarga de la realización de los cortes longitudinales y utiliza el movimiento del eje del piñón de la correa motriz como punta para broca, con la finalidad de hacer agujeros, consumo de energía: **2.8Kw**, medidas aprox. :**1.5x0.8 h=0.7 m.**

- Máquina Lijadora

Figura N° 19: Máquina Lijadora

Fuente: La empresa

Esta máquina se encarga de lijar la superficie de las maderas.

El consumo de energía: **2.8Kw**, medidas aprox. :**1.5x0.8 h=0.7**

- Máquina de molturado TUPI

Figura N° 20: Máquina de molturado TUPI

Fuente: La empresa

Esta máquina se encarga de la realización de los molturados, canales o rebajes de las uniones de los listones de las maderas o como acabado para formas especiales como helicoidales o bajos relieves, consumo de energía: 2.2Kw, medidas aprox.: 1x0.8 h=0.6 m.

- Máquina de biselado GARLOPA

Figura N° 21: Máquina de biselado GARLOPA

Fuente: La empresa

Esta máquina se encarga del rectificado de las caras de la madera, poniendo a escuadra la sección de las vigas de material, habilitando la madera para los siguientes trabajos, consumo de energía: 2.2Kw., medidas aproximadamente: 2x0.5 h=0.4 m.

- Máquina cortadora de mano

Figura N° 22: Máquina cortadora de mano

Fuente: La empresa

Tiene el mismo uso que la máquina cortadora circular, pero es útil para los lugares en donde se va a montar el trabajo, consumo de energía: 0.25Kw, medidas 0.2x0.1 h=0.2 m.

- Taladro de mano

Figura N° 23: Taladro de mano

Fuente: La empresa

Útil para las perforaciones en las instalaciones del proyecto, consumo de energía: 0.20Kw, medidas 0.3x0.2 h= 0.2 m.

- Lijadora Radial

Figura N° 24: Lijadora Radial

Fuente: La empresa

Se utiliza para el acabado final del proyecto o el lijado en el taller, consumo de energía: 0.25Kw., medidas 0.45x0.3 h=0.1 m.

- Máquina Caladora Manual

Figura N° 25: Máquina Caladora Manual

Fuente: La empresa

Ideal para realizar las espigas o canales de unión en la instalación o en el taller, así como en la realización de complicados cortes no lineales, consumo de energía: 0.15Kw., medidas 0.3x0.1 h=0.2 m.

- Máquina Esmeril

Figura N° 26: Máquina Esmeril

Fuente: La empresa

Herramienta muy útil para el esmerilado de piezas metálicas, afilado de cuchillas y filos de formones, consumo de energía: 0.20Kw., medidas 0.4x0.3 h=0.25 m.

- Compresora 3HP 318lt trifásica

Figura N° 27: Compresora 3HP 318lt trifásica

Potencia	3HP
Voltaje	220 / 380 V
Marca	Advance
Tipo	Compresora
Presión	8 bar

Fuente: La empresa

Compresora de aire una etapa dos cilindros, transmisión por faja. Arrancador térmico para protección de motor (solo motores trifásicos). Motor eléctrico trifásico para uso industrial

cerrado. Cabezal 100 % fierro fundido para mayor duración. Guarda faja, mayor protección de para usuario y equipo.

- Herramientas de mano
 - Destornilladores
 - Martillos
 - Niveles
 - Escuadras
 - Prensas manuales
 - Tenazas
 - Juego de Formones
 - Juego de llaves mixtas de 6 a 21 mm.
 - Juego de limas
 - Juego de escofinas
 - Serruchos
 - Alicates
 - Cuchillas para fórmica
 - Pistola de pintar más compresor

Proceso general de la organización

El proceso general de la empresa bajo estudio se produce de acuerdo con los pedidos de tienda ya sea para inventario y posterior venta como para ordenes especiales, es decir la fabricación de marcos con medidas especiales. Véase las Figuras N° 30 y 31, las cuales detallan el mapa de procesos y el diagrama de operaciones de la organización, respectivamente.

Requerimientos de cliente: Los requerimientos o necesidades de la tienda se envían al taller, para la elaboración de los marcos. Este evento puede generarse por el pedido de la tienda para su posterior venta o por pedido especial, es decir la fabricación de los marcos con medidas diferentes a los estándares en venta, según el requerimiento del usuario final.

Compras: Se realiza la solicitud de pedidos de materias primas como madera, clavos, pintura, accesorios para los equipos, clavos, entre otros. Este evento se realiza de dos formas. El administrador físicamente se dirige a los locales de sus proveedores para la compra de las materias primas y lo transporta al taller. También realiza una búsqueda por internet de diferentes proveedores que puedan ofrecer las materias primas que requiere, estableciendo comunicación por teléfono o correo electrónico para solicitar precios y compra en el momento de la entrega.

Planificación: El maestro carpintero planifica empíricamente la fabricación según las órdenes para el corte y manufactura de los marcos de diferentes tamaños.

Fabricación: El maestro carpintero fabrica los cuadros de diferentes especificaciones a la vez. Es decir, corta la madera para marcos de diferentes dimensiones ensamblándolos de igual manera, ensamblaje por micro lotes, salvo cuando el marco es de medidas especiales, el cual se fabrica por unidad.

Almacenamiento y Distribución: Una vez que los marcos se han fabricado, se traspasan a la tienda para su venta, como inventario y también los pedidos especiales hasta que el cliente lo recoja.

Facturación: El vendedor cada vez que vende un marco factura de manera manual, empaca y entrega al cliente o usuario final. Para los pedidos especiales, el vendedor se comunica con el cliente para indicarle que el marco se encuentra listo.

Satisfacción: El cliente o usuario final se encuentra satisfecho por la entrega, según calidad, tiempo de entrega acordado. También en este momento se reciben las quejas de los clientes por los marcos no conformes en cuanto a calidad de fabricación.

A continuación, se muestra el mapa de procesos de la organización en general, desde el requerimiento del cliente hasta la entrega del producto al mismo cliente.

Figura N° 28: Mapa de Procesos – Marquería Hugo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28, se muestra el mapa de procesos de la empresa, el cual incluye los procesos de soporte y de gestión, así como los procesos operativos. Esta investigación se basará en los procesos operativos de planificación y fabricación de marcos. A continuación, véase la figura 29, se observa el diagrama de flujo (representación gráfica del proceso de producción) de la empresa.

Figura N° 29: Diagrama de Flujo del Proceso general de la empresa

Fuente: Elaboración propia

El diagrama de flujo se inicia desde el requerimiento del cliente, este requerimiento puede ser interno o externo y finaliza cuando se entrega y se logra la satisfacción del cliente. El cliente interno se refiere a las tiendas y área de logística de la empresa. El cliente externo se refiere a clientes que requieren la fabricación de marcos para empresas corporativas o pedidos especiales. A continuación, se muestra el diagrama SIPOC tortuga:

Figura N° 30: SIPOC Tortuga de la empresa

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama SIPOC (figura 30) se centra en la producción o fabricación del producto principal de la empresa, marcos para pinturas y fotografías, se muestra las entradas las que incluyen las letras SI del acrónimo SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer, es español es Proveedor, Entrada, Proceso, Salida y Cliente), luego el proceso de producción y por último las salidas y clientes. El diagrama SIPOC tortuga, incluye la forma que se realizará, es decir las personas responsables, los equipos que se utilizarán, las actividades que deben realizarse para lograr las salidas y por último las métricas, indicadores o KPI.

Proceso de fabricación

El proceso de fabricación, área de estudio de esta investigación se considera como de pequeña escala y sus máquinas son principalmente manuales por el tipo de fabricación, se podría clasificar como artesanal. Sus productos finales son de buena calidad y generalmente aceptados por los clientes o usuarios finales, sin embargo, para lograr la calidad requerida se identifican productos no conformes durante el propio proceso de producción generando demoras en la entrega.

Distribución de la planta

La planta es de 8m de ancho x 15m de largo, siendo un área total de 120m². Cuenta con las áreas de corte, el área de armado, pintado y barnizado, el área de lijado, el área de la máquina Tupi y el área de la máquina garlopa de acuerdo con su proceso. Véase la figura N° 31.

A continuación, primero se describe la distribución de la planta.

Almacén: El almacén tiene un área de 4.5m x 5.m, destinado para el almacenaje de inventario, insumos (madera, clavos, etc.) y herramientas manuales (martillo, taladros, etc.)

Área de Lijado: El equipo es una Lijadora Radial. Se utiliza para el acabado final del proyecto o el lijado en el taller, consumo de energía: 0.25Kw., medidas 0.45x0.3 h=0.1 m.

Área de Corte: Comprende de la sierra circular, esta máquina se encarga de la realización de los cortes longitudinales y utiliza el movimiento del eje del piñón de la correa motriz como punta para broca, con la finalidad de hacer agujeros, consumo de energía: 2.8Kw, medidas aprox.: 1.5x0.8 h=0.7 m.

Área Máquina Tupi: Esta máquina se encarga de la realización de los molturados, canales o rebajes de las uniones de los listones de las maderas o como acabado para formas especiales como helicoidales o bajos relieves, consumo de energía: 2.2Kw, medidas aprox.: 1x0.8 h=0.6 m.

Área de Máquina Garlopa: Esta máquina se encarga del rectificado de las caras de la madera, poniendo a escuadra la sección de las vigas de material, habilitando la madera para los siguientes trabajos, consumo de energía: 2.2Kw., medidas aprox.: 2x0.5 h=0.4 m.

Área de Armado: Esta área tiene diferentes usos, como de armado o ensamblaje, pintado y barnizado. Además, también aquí se utilizan las máquinas manuales como una cortadora, taladro, esmeril y caladora

- Máquina cortadora de mano: Tiene el mismo uso que la máquina cortadora circular, pero es útil para los lugares en donde se va a montar el trabajo, consumo de energía: 0.25Kw, medidas 0.2x0.1 h=0.2 m.
- Taladro de mano: Útil para las perforaciones en las instalaciones del proyecto, consumo de energía: 0.20Kw, medidas 0.3x0.2 h= 0.2 m.

- Máquina Caladora Manual.

Ideal para realizar las espigas o canales de unión en la instalación o en el taller, así como en la realización de complicados cortes no lineales, consumo de energía: 0.15Kw., medidas 0.3x0.1 h=0.2 m.

- Máquina Esmeril.

Herramienta muy útil para el esmerilado de piezas metálicas, afilado de cuchillas y filos de formones, consumo de energía: 0.20Kw., medidas 0.4x0.3 h=0.25 m.

Área Compresora: Es una compresora 3HP 318lt trifásica. Compresora de aire una etapa dos cilindros, transmisión por faja. Arrancador térmico para protección de motor (solo motores trifásicos). Motor eléctrico trifásico para uso industrial cerrado. Cabezal 100 % fierro fundido para mayor duración. Guarda faja, mayor protección de para usuario y equipo. Se utiliza para el subproceso de pintado y/o barnizado.

Figura N° 31: Layout de la planta de fabricación

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31, se muestra la distribución de la planta desde el almacén de materia prima y cada una de las estaciones de trabajo de las actividades dentro de dicho proceso.

En la figura 32 se muestra el diagrama de flujo del proceso de fabricación de marcos, desde el requerimiento del cliente hasta la entrega, asumiendo que el proceso de compras y recepción de materia prima se ha completado para la planificación y fabricación de los marcos.

Figura N° 32: Diagrama de flujo de proceso de fabricación de marco

Fuente: Elaboración propia

En la figura 32, se muestra el proceso de fabricación actual de los marcos de diferentes medidas para su entrega a tienda o directamente a los clientes corporativos, proceso que tiene 10 controles de inspección, que identifican los productos no conformes, pero a la vez interfieren en el flujo continuo de la fabricación de los marcos. La empresa ha llegado a este proceso de manera empírica para poder entregar productos que satisfagan a los usuarios de ellos. De esta manera controlan la producción de productos no conformes, pero incrementan el efecto de la demora en la entrega, productos que las tiendas requieren para mantener el inventario necesario y poder lograr sus ventas y productos que deben entregarse directamente a los clientes finales.

En la siguiente tabla 8 se observa el proceso normal para la fabricación de un marco, sin incluir los traslados de una estación de trabajo a otro, sólo productivo, en minutos. El tiempo que se indica en la tabla también se considera para los marcos de menor dimensión, ya que el proceso es el mismo, y no cambia por el tamaño del producto.

En la tabla 10, se observa que las actividades con mayor tiempo son la actividad de empastado con 15 minutos, luego las actividades de secado del pintado de primera base, segunda base y final con 10 minutos cada uno de ellos, así como el armado o ensamblaje del marco con 7 minutos. La producción operativa de los marcos es de 125 minutos equivalente a 2.08 horas por marco.

Tabla N° 10: Proceso de fabricación de un marco de 90 x 80 cms – Horas Hombre – Año 2017 (sin reprocesos)

PROCESO REALIZACIÓN DE UN MARCO DE 70 * 100 CMT - AÑO 2016-2017 - Sin traslados		
Minutos	Secuencia	Actividades
5	1	Corte de madera larga con equipo de corte manual (Manual)
2	2	Sepillado de madera (habilita el espesor del modelo requerido) (Máquina Galopa)
5	3	corte y trazo de madera para las uniones (Máquina Circular)
1.5	4	moldeado de madera para el encajonado de fondo (Máquina Tupi)
1.5	5	finalizar corte y trazo de madera para las uniones (Máquinaria Circular)
2	6	lija de madera (Máquina Lijadora)
7	7	Armado de estructura del marco (pegado y clavado) (Manual)
8	8	Corte del Trupan (medida de la estructura de madera)- Se acomoda la guía en la cortadora para realizar el corte (Máquina Circular)
2	9	Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)
1.5	10	lijado a mano al trupan (Manual)
1.5	11	lijado de la estructura del marco a mano (Manual)
4	12	pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)
5	13	pasar el pegamento al papartu para el pegado (Manual)
6	14	Secado medio del pegamento colocado al trupan y a la estructura (Manual - espera)
6	15	Pegado del trupan y la estructura (Manual)
5	16	Lijado en la máquina por los lados del marco (Máquina lijadora)
3	17	Lijado a mano parte interna y esterna del marco (Manual)
15	18	empastado del marco para cerrar porosidad de la madera (Manual)
5	19	Secado del empastado (Manual - Espera)
4	20	Lijado a mano las partes de marco que se masillo (Manual)
1.5	21	Pintado primera base (Manual)
10	22	Secado de pintado primera base (Manual - Espera)
1.5	23	Pintado Segunda base (Manual)
10	24	Secado de pintado segunda base (Manual - Espera)
2	25	Pintado final (Manual - Espera)
10	26	Secado de pintado final (Manual - Espera)
125	MINUTOS	
2.08	HORA	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior, se muestra fácilmente las secuencias, se considera a 1 operario por actividad, sin embargo, como se indicó anteriormente, los operarios realizan diferentes actividades de la secuencia del proceso de producción. Los 8 operarios en planta deben dividirse las actividades de acuerdo con sus habilidades y experiencia en cada una de ellas. Algunas veces, los ocho operarios realizan los cortes, moldeados, lijados en bloque de acuerdo con la cantidad solicitada, terminan estas actividades y pasan junto con el proceso a las otras actividades, sin una planificación exacta.

A continuación, se muestra el Diagrama Analítico de Procesos – DAP, el cual nos muestra que, en un proceso normal sin reprocesos, incluyen 21 operaciones, 11 traslados, 5 esperas, 10 inspecciones y 2 almacenamientos. Este diagrama incluye los tiempos de traslados y esperas, así como las inspecciones incrementando de 125 minutos a 131.26

minutos. Las esperas o inactividad que se detectan en el DAP son por el mismo proceso, son adicionales a los generados por los reprocesos y secuencias innecesarias ya que son innatos del proceso, los cuales se podrán reducir o eliminar al solucionar el problema presentado en la fabricación del marco.

Tabla N° 11: DAP Proceso Actual

DAP											
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS			OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO								
DIAGRAMA núm: Hoja num: 01/04			RESUMEN								
Objeto:			ACTIVIDAD			ACTUAL		PROPUESTA		ECONOMÍA	
Actividad: Fabricación de Marcos			Operación	○		21					
Método: Actual			Transporte	⇨		11					
Lugar: Planta de fabricación			Espera	D		5					
Operarios(s): Ficha num:			Inspección	□		10					
Compuesto por: D. Requena Fecha: 17-02-2018			Almacenamiento	▽		2					
Aprobado por: D. Requena Fecha: 17-02-2018			Distancia			32.31					
			Tiempo			132.93					
DESCRIPCIÓN			C	D (m)	T (min)	SIMBOLO		Observaciones			
Recoger Materia prima de Almacén					3.99	○					
Trasladar Materia prima a planta				7.83	2.01	⇨	x				
Cortar madera (Manual)				5.00	4.70			⇨	x		
Trasladar Madera para cepillado				3.33	0.27			⇨	x		
Cepillar madera				2.00	1.73					Espesor modelo - Máquina Galopa	
Trasladar la madera para corte y trazo				3.33	0.27			⇨	x		
Cortar y trazar madera				5.00	4.77			⇨	x	Máquina Circular	
Trasladar la madera para moldeado				2.58	0.22			⇨	x		
Moldear madera para el encajonado de fondo				1.50	1.28			⇨	x	Máquina Tupi	
Trasladar madera moldeada				2.58	0.21			⇨	x		
Finalizar corte de madera para uniones				1.50	1.28			⇨	x	Máquinaria Circular	
Trasladar madera para lijado				2.58	0.21			⇨	x		
Lijar estructura del marco				2.00	1.79			⇨	x	Máquina Lijadora	
Trasladar estructura del marco para armado				2.25	0.18			⇨	x		
Armar estructura del marco				7.00	6.97			⇨	x	pegado y clavado - Manual	
Trasladar para corte de Trupan				0.60	0.05			⇨	x		
Cortar Trupan				8.00	7.94			⇨	x	Máquina Circular	
Trasladar trupan para cuadrar esquinas				0.60	0.05			⇨	x		
Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)					1.99			⇨	x		
Lijar trupan (Manual)					1.50			⇨	x		
Lijar estructura del marco a mano (Manual)					1.51			⇨	x		
Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)					3.97			⇨	x		
Pasar el pegamento a trupan (Manual)					5.00			⇨	x		
Dejar secar pegamento de trupan					5.97			⇨	x	(Manual - espera)	
Pegar trupan y la estructura (Manual)					5.99			⇨	x		
Trasladar el trupan para el lijado				2.25	0.19			⇨	x		
Lijado en la máquina por los lados del marco				5.00	4.82			⇨	x	Máquina lijadora	
Trasladar el trupan para lijado a mano				2.25	0.19			⇨	x		
Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)					3.01			⇨	x		
Empastar marco para cerrar porosidad de la madera					14.90			⇨	x		
Dejar secar empastado (espera)					4.00			⇨	x	(Manual - espera)	
Inspección de secado					1.00			⇨	x		
Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)					4.00			⇨	x		
Pintar primera base (Manual)					1.51			⇨	x		
Dejar secar pintado primera base (Manual)					8.97			⇨	x	(Manual - espera)	
Inspección de secado de pintura primera base					0.99			⇨	x		
Pintar Segunda base (Manual)					1.50			⇨	x		
Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)					10.01			⇨	x	(Manual - espera)	
Pintado final (Manual - Espera)					1.99			⇨	x		
Dejar secar pintado final (Manual - Espera)					8.99			⇨	x	(Manual - espera)	
Inspección de pintado final					1.00			⇨	x		
Trasladar al almacén de APT				3.00	1.00			⇨	x		
Almacenaje de productos terminados					1.00			⇨	x		
Total				32.31	132.93	21	11	5	10	2	

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior, indica la cantidad de operaciones, transporte, espera e inspección innata del mismo problema. El DAP, entrega un panorama de las esperas y secuencias con tiempo de espera, sin considerar los reprocesos.

La producción total real anual de marcos, incluyendo inventario en almacén, inventario de inicio de los puntos de ventas y reposición por ventas es de 17,670 marcos de 4 operarios en planta siendo su capacidad teórica de 20,000 unidades en el año 2017.

A continuación, se muestra la capacidad teórica de la fabricación de marcos en planta por el rango de años versus la producción real, depende del número de tiendas y, por ende, la capacidad teórica se calcula el número de empleados por año por el tiempo requerido de producción por marco durante el tiempo de 8 horas.

Figura N° 33: Producción Teórica y Real

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 33, que al incrementar los operarios por el incremento de unidades producidas o vendidas, la capacidad teórica incrementa, es decir de un promedio de 6 operarios para el año 2012 a 2014 con una producción teórica de 31903 unidades, en el año 2015 tuvo un promedio de 7 operarios con una producción teórica de 37220 unidades y para los años 2016-2017 un promedio de 8 operarios por año con una producción de 42538 unidades, lo que indica una diferencia entre la capacidad teórica de producción y

real de 25638 unidades. Por lo tanto, se debe de determinar la causa de las demoras en la entrega de los productos ya que no logra el 95% de la capacidad teórica de 40411 unidades.

Problemática

La problemática es un conjunto de problemas que se identifican con los datos obtenidos de la empresa. Lo preocupante para la empresa es específicamente la demora en la entrega, ya que la producción toma tiempo debido a los productos no conformes que se identifican en el proceso, lo que reduce el nivel de servicio a tiendas y clientes corporativos, lo que conlleva que no se logre a una producción eficiente.

Demora en la entrega

La empresa ha provisto una base de datos completa en cuanto a los lotes de producción por dimensiones, requerimiento de listones de madera, merma, así como reprocesos por productos no conformes, materia prima que puede reutilizarse para la fabricación de marcos de menor dimensión de acuerdo con los errores producidos o se considera como merma, fechas de programación de entrega y fecha real de entrega. En la siguiente tabla N°10, se muestra un extracto de la producción y requerimientos diarios de las unidades de marcos de acuerdo con sus dimensiones, la base de datos consta de 2825 procesos con un promedio de lote de 5.43 unidades por proceso en lotes.

Tabla N° 12: Extracto de base de datos sobre producción diaria 2017

Item	día	Código de Tienda	Lote req unidades	Código	Corte final Largo (cm)	Corte final Ancho (cm)	Número de piezas largo	Número de piezas ancho	Ancho de moldura en pulgadas	Corte con tolerancia Largo (cm)	Corte con tolerancia Ancho (cm)	Unidades de Listones requeridos para cada lote de producción	Total corte largo cm	Total corte ancho cm	Total corte cm	Largo total de listones (cm)	Remanent e de listones	Unidades de listones de cada marco que se pueden producir	unidades que se pueden producir con el remanente	Listones corte largo (cm) requeridos
1	01/01/2017	T3	3	3090-2	30.0	40.0	6.0	6.0	2.0	30.6	40.6	2.0	183.6	243.6	427.2	500.0	72.8	1.0	0.0	0.0
2	01/01/2017	T11	8	7090-1	70.0	90.0	16.0	16.0	1.0	70.6	90.6	11.0	1129.6	1449.6	2579.2	2750.0	170.8	1.0	0.0	0.0
3	01/01/2017	T12	6	70100-1	70.0	100.0	12.0	12.0	1.0	70.6	100.6	9.0	847.2	1207.2	2054.4	2250.0	195.6	1.0	0.0	0.0
4	02/01/2017	T4	3	2050-2	20.0	50.0	6.0	6.0	2.0	20.6	50.6	2.0	123.6	303.6	427.2	500.0	72.8	1.0	0.0	0.0
5	02/01/2017	T7	3	2050-1	20.0	50.0	6.0	6.0	1.0	20.6	50.6	2.0	123.6	303.6	427.2	500.0	72.8	1.0	0.0	0.0
6	02/01/2017	T4	5	3040-1	30.0	40.0	10.0	10.0	1.0	30.6	40.6	3.0	306.0	406.0	712.0	750.0	38.0	0.0	0.0	0.0
7	02/01/2017	T2	3	6080-4	60.0	80.0	6.0	6.0	4.0	60.6	80.6	4.0	363.6	483.6	847.2	1000.0	152.8	1.0	0.0	0.0
8	02/01/2017	T10	6	6080-4	60.0	80.0	12.0	12.0	4.0	60.6	80.6	7.0	727.2	967.2	1694.4	1750.0	55.6	0.0	0.0	0.0
9	02/01/2017	T10	9	7090-4	70.0	90.0	18.0	18.0	4.0	70.6	90.6	12.0	1270.8	1630.8	2901.6	3000.0	98.4	1.0	0.0	0.0
10	02/01/2017	T4	5	70100-3	70.0	100.0	10.0	10.0	3.0	70.6	100.6	7.0	706.0	1006.0	1712.0	1750.0	38.0	0.0	0.0	0.0
11	02/01/2017	T11	6	70100-2	70.0	100.0	12.0	12.0	2.0	70.6	100.6	9.0	847.2	1207.2	2054.4	2250.0	195.6	1.0	0.0	0.0
12	03/01/2017	T12	2	2025-3	20.0	25.0	4.0	4.0	3.0	20.6	25.6	1.0	82.4	102.4	184.8	250.0	65.2	2.0	0.0	0.0
13	03/01/2017	T2	4	6080-4	60.0	80.0	8.0	8.0	4.0	60.6	80.6	5.0	484.8	644.8	1129.6	1250.0	120.4	1.0	0.0	0.0
14	03/01/2017	T5	3	6080-4	60.0	80.0	6.0	6.0	4.0	60.6	80.6	4.0	363.6	483.6	847.2	1000.0	152.8	1.0	0.0	0.0
15	03/01/2017	T5	4	6080-2	60.0	80.0	8.0	8.0	2.0	60.6	80.6	5.0	484.8	644.8	1129.6	1250.0	120.4	1.0	0.0	0.0
16	03/01/2017	T10	5	7090-4	70.0	90.0	10.0	10.0	4.0	70.6	90.6	7.0	706.0	906.0	1612.0	1750.0	138.0	1.0	0.0	0.0
17	03/01/2017	T1	7	70100-2	70.0	100.0	14.0	14.0	2.0	70.6	100.6	10.0	988.4	1408.4	2396.8	2500.0	103.2	1.0	0.0	0.0
18	04/01/2017	T8	3	2025-3	20.0	25.0	6.0	6.0	3.0	20.6	25.6	2.0	123.6	153.6	277.2	500.0	222.8	8.0	2.0	4.0
19	04/01/2017	T2	4	3040-4	30.0	40.0	8.0	8.0	4.0	30.6	40.6	3.0	244.8	324.8	569.6	750.0	180.4	4.0	1.0	2.0
20	04/01/2017	T6	4	6080-2	60.0	80.0	8.0	8.0	2.0	60.6	80.6	5.0	484.8	644.8	1129.6	1250.0	120.4	1.0	0.0	0.0
21	04/01/2017	T6	4	6080-2	60.0	80.0	8.0	8.0	2.0	60.6	80.6	5.0	484.8	644.8	1129.6	1250.0	120.4	1.0	0.0	0.0
22	04/01/2017	T4	5	7090-3	70.0	90.0	10.0	10.0	3.0	70.6	90.6	7.0	706.0	906.0	1612.0	1750.0	138.0	1.0	0.0	0.0
23	04/01/2017	T8	8	7090-3	70.0	90.0	16.0	16.0	3.0	70.6	90.6	11.0	1129.6	1449.6	2579.2	2750.0	170.8	1.0	0.0	0.0
24	04/01/2017	T2	3	70100-4	70.0	100.0	6.0	6.0	4.0	70.6	100.6	5.0	423.6	603.6	1027.2	1250.0	222.8	2.0	0.0	0.0
25	04/01/2017	T10	5	70100-1	70.0	100.0	10.0	10.0	1.0	70.6	100.6	7.0	706.0	1006.0	1712.0	1750.0	38.0	0.0	0.0	0.0
26	05/01/2017	T11	2	2050-2	20.0	50.0	4.0	4.0	2.0	20.6	50.6	2.0	82.4	202.4	284.8	500.0	215.2	4.0	1.0	2.0
27	05/01/2017	T1	7	7090-2	70.0	90.0	14.0	14.0	2.0	70.6	90.6	10.0	988.4	1268.4	2256.8	2500.0	243.2	2.0	0.0	0.0
28	05/01/2017	T10	8	7090-1	70.0	90.0	16.0	16.0	1.0	70.6	90.6	11.0	1129.6	1449.6	2579.2	2750.0	170.8	1.0	0.0	0.0
29	05/01/2017	T11	5	70100-4	70.0	100.0	10.0	10.0	4.0	70.6	100.6	7.0	706.0	1006.0	1712.0	1750.0	38.0	0.0	0.0	0.0
30	06/01/2017	T6	7	7090-3	70.0	90.0	14.0	14.0	3.0	70.6	90.6	10.0	988.4	1268.4	2256.8	2500.0	243.2	2.0	0.0	0.0
31	06/01/2017	T6	5	7090-1	70.0	90.0	10.0	10.0	1.0	70.6	90.6	7.0	706.0	906.0	1612.0	1750.0	138.0	1.0	0.0	0.0

Fuente: La empresa

Al analizar los datos recabados de la empresa, la diferencia entre la fecha de entrega real y programada es de 2485 días para 1241 procesos, un promedio de 6734 unidades en demora para su entrega a tiendas y clientes corporativos lo que equivale 44% del total de unidades de 15330 vendidas.

Tabla N° 13: Días de demora (fecha real vs. programada) 2017

Total demora (días)	2485
Número de procesos	1241
Promedio de unidades en demora	6734

Fuente: La empresa

Sin embargo, las fechas programadas de entrega se proveen de manera empírica sin tener un establecimiento de programación de acuerdo con la producción. El área de ventas programa la entrega, una vez recabado el requerimiento un promedio de 3.15 días de 8 horas cada día para un promedio de 5.43 unidades. Si de acuerdo con el DAP (véase tabla N°9) la producción de un marco, sin reprocesos es de 132.39 minutos equivalente a 0.28 días sin embargo la producción se demora por reprocesos de 0.2 días por marco equivalente a 7.47 minutos de retraso por cada fabricación de un marco y otras actividades que debe permanecer como tal de acuerdo con la empresa, otras actividades se refiere a la confirmación del inventario en tiendas, confirmación de clientes, revisión de inventario, la espera por materia prima es de 0.03 días por marco, por cada lote promedio de 5.43 unidades por requerimiento el total es de 3.54 días, pero se calcula un promedio

de entrega de 3.15 días, con una diferencia de 0.39 días equivalente a 189.59 minutos. Para la fabricación de cada marco es de 0.65 días y se programa la entrega en 0.58 días por marco, equivalente a 34.94 minutos.

Tabla N° 14: Comparación entre programación de entrega y entrega real – 2017

Datos		
Unidades total anual	15330.00	marcos
Promedio de lotes	5.43	lotes de marcos
Procesos	2825.00	procesos
Por lote		
Proceso de requerimiento y otras actividades antes de producción	1.81	días
Promedio de días de retraso de MP por proceso	0.15	días
Promedio producción por proceso	1.50	días
Reprocesos	0.08	días
Total	3.54	días
Programación de entrega desde requerimiento	3.15	días
Diferencia	0.39	días
Diferencia	189.59	minutos
Por marco		
Proceso de requerimiento y otras actividades antes de producción	0.33	días
Promedio de días de retraso de MP por proceso	0.03	días
Promedio producción por proceso	0.28	días
Reprocesos	0.02	días
Total	0.65	días
Programación de entrega desde requerimiento	0.58	días
Diferencia	0.07	días
Diferencia	34.94	minutos

Fuente: La empresa

Por lo tanto, los datos sugieren que el tiempo de programación de entrega es deficiente por lo que se debe calcular los límites de control superior (UCL) e inferior (LCL). Se debe tomar el límite de control superior como máximo, todos los valores de los procesos mayor al valor del UCL, se considera como demora en producción. Primero debemos determinar que el proceso se encuentra fuera de control estadístico. Los cálculos de las estadísticas del diagrama de control son:

Tabla N° 15: Cálculos para el Diagrama de Control

Estadísticas	
Total días producción	4245.46
Procesos	2825
Unidades por lote	5.43
Total unidades	15330
Promedio días	1.50
Desviación estándar	0.60
UCL	2.11
LCL	0.90

Fuente: La empresa

De la base de datos, en la tabla N°15 se calculó el día total de días en producción de 4245.46 días para 2825 procesos con un promedio de 5.43 unidades por proceso, teniendo un total de 15330 unidades para el año 2017. El promedio es de 1.50 días para la producción por lote promedio, la desviación estándar o 1 sigma es de 0.60 por lo tanto el valor del UCL es de 2.11 días y el LCL es de 0.90 días.

Los valores se grafican en un diagrama de control como se muestra a continuación:

Figura N° 34: Diagrama de Control del proceso de producción

Fuente: la empresa, elaboración propia

En la figura N°34 se observa el Diagrama de Control del proceso de producción de marcos para 2825 procesos para un promedio de lote de marcos de 5.43 unidades por proceso. Se identifica que los tiempos de producción de 410 procesos son mayores que el valor UCL y 467 menor que el valor de LCL, por lo que se establece que el proceso de producción se encuentra fuera del control estadístico. Al establecer el límite superior como 2.11 días para la producción de 5.43 unidades por proceso, se llega a una demora de 128.29 días para los 2825 procesos. Se calculó como se muestra a continuación:

Sí $T_{pn} > UCL_n$ es verdadero, en donde $n = 1, 2, 3 \dots 2824, 2825$.

Demora = $T_{pn} - UCL_n$

Sí $T_{pn} > UCL_n$ es falso, en donde $n = 1, 2, 3 \dots 2824, 2825$.

Demora = 0

En donde,

T_p = Tiempo de producción

UCL = valor del límite control superior

n = número de procesos

Se plasma en la hoja de Excel, como se muestra a continuación:

Figura N° 35: Cálculo de demora por proceso

SUM										
=IF(BD2>BJ2;BD2-BJ2;0)										
	A	B	C	D	E	BD	BI	BJ	BK	BL
1	Ítem	día	Código de Tienda	Lote req unidades	Código	Total tiempo de producción por lote requerido por tienda	Promedio	UCL	LCL	Demora (UCL)
2	1	01/01/2017	T3	3	3040-2	0.86	1.50	2.11	0.90	BD2-BJ2;0
3	2	01/01/2017	T11	8	7090-1	2.12	1.50	2.11	0.90	0.01
4	3	01/01/2017	T12	6	70100-1	1.70	1.50	2.11	0.90	0.00
5	4	02/01/2017	T4	3	2050-2	0.84	1.50	2.11	0.90	0.00

Fuente: la empresa, elaboración propia

Por lo tanto, al procesar la base de datos se calcula que el tiempo de demora es de 128.29 días equivalente para los 410 procesos. En la tabla 16, se muestra el extracto de la base de datos procesada y el cálculo de la demora en días se muestra los primeros días de enero y los últimos días de diciembre, se debe presentar de esta forma por lo que la base de datos en grande.

Tabla N° 16: Demora en días – 2017

Ítem	día	Código de Tienda	Lote req unidades	Código	Total tiempo de producción por lote requerido por tienda	Promedio	UCL	LCL	Demora (UCL)
1	01/01/2017	T3	3	3040-2	0.86	1.50	2.11	0.90	0.00
2	01/01/2017	T11	8	7090-1	2.12	1.50	2.11	0.90	0.01
3	01/01/2017	T12	6	70100-1	1.70	1.50	2.11	0.90	0.00
4	02/01/2017	T4	3	2050-2	0.84	1.50	2.11	0.90	0.00
5	02/01/2017	T7	3	2050-1	0.88	1.50	2.11	0.90	0.00
6	02/01/2017	T4	5	3040-1	1.43	1.50	2.11	0.90	0.00
7	02/01/2017	T2	3	6080-4	0.84	1.50	2.11	0.90	0.00
8	02/01/2017	T10	6	6080-4	1.81	1.50	2.11	0.90	0.00
9	02/01/2017	T10	9	7090-4	2.52	1.50	2.11	0.90	0.41
10	02/01/2017	T4	5	70100-3	1.36	1.50	2.11	0.90	0.00
11	02/01/2017	T11	6	70100-2	1.75	1.50	2.11	0.90	0.00
12	03/01/2017	T12	2	2025-3	0.52	1.50	2.11	0.90	0.00
13	03/01/2017	T2	4	6080-4	1.10	1.50	2.11	0.90	0.00
14	03/01/2017	T5	3	6080-4	0.83	1.50	2.11	0.90	0.00
15	03/01/2017	T5	4	6080-2	1.16	1.50	2.11	0.90	0.00
2816	31/12/2017	T4	8	7090-3	2.08	1.50	2.11	0.90	0.00
2817	31/12/2017	T6	5	70100-3	1.41	1.50	2.11	0.90	0.00
2818	31/12/2017	T8	5	70100-4	1.30	1.50	2.11	0.90	0.00
2819	31/12/2017	T11	10	70100-3	2.75	1.50	2.11	0.90	0.64
2820	31/12/2017	T12	5	70100-3	1.28	1.50	2.11	0.90	0.00
2821	31/12/2017	T10	6	70100-1	1.64	1.50	2.11	0.90	0.00
2822	31/12/2017	T6	6	70100-2	1.77	1.50	2.11	0.90	0.00
2823	31/12/2017	T7	6	70100-2	1.83	1.50	2.11	0.90	0.00
2824	31/12/2017	T5	6	70100-2	1.66	1.50	2.11	0.90	0.00
2825	31/12/2017	T12	6	70100-3	1.71	1.50	2.11	0.90	0.00
			15330.00				Total demora en días		128.29
							Procesos		410.00

Fuente: la empresa, elaboración propia

En la tabla 16, se muestra la demora real en la entrega de los productos a tiendas y clientes corporativos de 128.29 días. Por lo tanto, se concluye que la demora en la entrega se origina por la demora en el área de producción.

El impacto económico que genera este problema es de S/37,562.73 por mano de obra en producción, se considera a los 8 operarios en planta y el costo de hora hombre de S/4.58, el cual incluye salario y carga de planilla en planta. El impacto económico, también debe considerar la pérdida por lo que deja de producir por la demora en el retraso de la entrega, es decir la pérdida en ventas, lo cual es de S/228,618.75, como se muestra a continuación:

Tabla N° 17: Impacto económico por demora en producción

Impacto económico	
Tiempo demora en la entrega (horas)	1026.30
Operarios	8
Costo hora hombre	S/ 4.58
Total pérdidas por mano de obra	S/ 37,562.73
Pérdida en ventas	
Procesos pérdida	410.00
Unidades por lote promedio	5.43
Total de producción unidades promedio	2225.00
Total pérdida de ventas	S/ 228,618.75
Total impacto económico por demora	S/ 266,181.48
Equivalente a las ventas	16.9%
Ventas	S/ 1,575,157.50

Fuente: La empresa, elaboración propia

En la tabla N°17 se observa que el impacto económico por la demora en producción, lo que origina la demora en la entrega es de S/266,181.48 equivalente al 16.9% del total de las ventas de marcos de S/1, 575,157.50.

Cuellos de Botella en Producción

Al concluir que el área de producción ocasiona la demora en la entrega de los productos terminados en tienda y clientes corporativos, se debe analizar las actividades que generan estos. Para determinar las actividades de cuello de botella o tiempo de espera, se calculó el tiempo Takt de 7.357 min/marco, con una demanda anual de 15330 unidades (sólo demanda o ventas) teniendo una demanda diaria de 42 marcos/día. La elaboración del VSM se basa en el DAP de la empresa, como se muestra a continuación:

Figura N° 36: VSM Actual

Fuente: La empresa, elaboración propia

Al comparar cada uno de los tiempos por actividad (C/T o tiempo del ciclo de la actividad) con el Takt Time determina los cuellos de botella, es decir:

Sí $C/T > \text{Takt Time}$ existe cuello de botella, de lo contrario no existe.

Por lo tanto, la actividad que genera mayor tiempo en cuello de botella es el empastado del marco con 14.91 minutos, el segundo es el cortado de trupán con 7.94 minutos, las otras actividades son tiempos de espera en cada una de las fases de pintado como se muestra en la figura N°36 con un recuadro de color rojo.

Por lo tanto, para calcular el impacto económico por los cuellos de botella se determina que como son 5 actividades, se toma el trabajo de 5 operarios, el total de los cuellos de botella es de 50.82 minutos por producción de un marco, todos los marcos fabricados pasan por los cuellos de botella, y el costo hora hombre es de S/4.58. El impacto económico es:

Tabla N° 18: Impacto económico por cuellos de botella

Impacto económico	
Total de tiempo en actividades con cuello de botella mi	50.82
Total actividades con cuello de botella	5.00
Takt Time	7.36
Tiempo por cuellos de botella por marco minutos	14.03
Total unidades anual	15330
Operarios	5
Costo hora hombre	S/ 4.58
Tiempo de cuello de botella minutos	215093.43
Tiempo de cuello de botella horas	3584.89
Total pérdidas por cuello de botellas	S/ 82,004.37
Equivalente a las ventas	5.21%
Ventas	S/ 1,575,157.50

Fuente: La empresa, elaboración propia

El impacto económico por cuellos de botella para la producción anual es de S/82,004.37 equivalente al 5.21% de las ventas. Se ha calculado de la suma de la diferencia de los tiempos de cada actividad con el takt time siendo un tiempo de 14.03 minutos por marco y 3584.86 horas por los 15330 marcos fabricados por 5 operarios por S/4.58 por HH.

Productos no conformes

El segundo problema que se ha detectado como consecuencia de la demora en la entrega son los productos no conformes. Al procesar la base de datos, se ha determinado la cantidad de 2401 unidades equivalente al 15.29% del total de unidades fabricadas de 15700 (vendidos 15330, en almacén 370 unidades).

Tabla N° 19: Total Productos No Conformes – 2017

Mes - 2017	Lote req unidades	Unidades que se han producido demás	Total productos no conformes
Ene	1187	28	181
Feb	1392	34	218
Mar	1202	25	191
Abr	1440	42	227
May	1246	22	195
Jun	1226	32	192
Jul	1258	31	199
Ago	1235	36	190
Set	1201	30	188
Oct	1320	33	208
Nov	1290	28	203
Dic	1333	29	209
TOTAL	15330	370	2401
Equivalente a			15.29%

Fuente: La empresa, elaboración propia

De los productos no conformes, se determinaron, al procesar la base de datos que la merma equivale a 788 unidades y las unidades que ingresaron a reprocesos fueron de 1613 unidades, siendo el total de 2401 productos no conformes. Las unidades por merma equivalen al 5.02% y las unidades que se reprocesan equivalen al 10.27% del total de producción de 15700 unidades, como se muestra a continuación:

Tabla N° 20: Unidades de merma y de reprocesos – 2017

Row Labels	Lote req unidades	Unidades producidas para almacén	Total merma en unidades	Total unidades en reprocesos	Total unidades no conformes
Ene	1187	28	58	123	181
Feb	1392	34	68	150	218
Mar	1202	25	69	122	191
Abr	1440	42	77	150	227
May	1246	22	66	129	195
Jun	1226	32	64	128	192
Jul	1258	31	61	138	199
Ago	1235	36	63	127	190
Set	1201	30	61	127	188
Oct	1320	33	67	141	208
Nov	1290	28	67	136	203
Dic	1333	29	67	142	209
Grand Total	15330	370	788	1613	2401
Equivalente al total de unidades producidas			5.02%	10.27%	15.29%

Fuente: La empresa, elaboración propia

Como se muestra en la tabla N°20, las unidades por merma (errores en la producción son aquellas unidades que ya no pueden utilizarse nuevamente, se deben desechar) y las unidades que se han reprocesado (errores en la producción, pero pueden reprocesarse para marcos de menores dimensiones en el caso de utilizar la materia prima, o sólo un reproceso para solucionar algún problema, retornando a una actividad o varias previas) son de 2401 unidades no conformes.

El tiempo por reprocesos (unidades de reprocesos y merma) es de 1277.77 horas, lo que se ha determinado en los 10 puntos de control de calidad, este total de reprocesos incluye los procesos que deben realizarse por la generación de merma, ya que estos productos semiterminados considerados como merma en un determinado momento de la línea de producción deben de fabricarse nuevamente y además las unidades que no son merma pero que retornan a actividades previas, siendo un total de 2401 productos no conformes, como se muestra a continuación:

Tabla N° 21: Tiempos por reprocesos

Mes - 2017	Tiempo de reproceso 1 (minutos)	Tiempo reproceso 2 (minutos)	Tiempo reproceso 3 (minutos)	Tiempo reproceso 4 (minutos)	Tiempo reproceso 5 (minutos)	Tiempo reproceso 6 (minutos)	Tiempo de reproceso 7 (minutos)	Tiempo reproceso 8 (minutos)	Tiempo reproceso 9 (minutos)	Tiempo reproceso 10 (minutos)	Total minutos por reprocesos	Total horas por reprocesos
Ene	543.46	195.02	21.64	41.81	87.85	831.15	1484.90	1367.12	1093.49	0.00	5666.44	94.44
Feb	634.91	227.18	27.02	47.03	131.88	975.92	1694.15	1676.61	1425.41	0.00	6840.11	114.00
Mar	572.09	209.98	22.57	40.90	127.31	896.37	1568.33	1462.69	1189.79	388.37	6478.40	107.97
Abr	642.16	230.51	26.77	73.33	173.44	1014.73	1743.41	1748.32	1529.41	0.00	7182.08	119.70
May	592.44	208.92	22.58	47.49	82.90	905.35	1572.84	1588.69	1198.38	0.00	6219.59	103.66
Jun	567.04	200.31	24.33	40.83	132.34	897.33	1459.87	1463.17	1186.29	263.18	6234.69	103.91
Jul	599.83	207.06	22.87	39.86	123.66	895.69	1563.34	1452.52	1296.89	0.00	6201.72	103.36
Ago	576.15	178.32	23.58	31.80	83.43	853.25	1548.73	1567.27	1202.45	127.19	6192.17	103.20
Set	566.56	193.78	21.81	36.77	139.05	887.33	1514.75	1370.98	1187.48	0.00	5918.51	98.64
Oct	638.12	216.60	24.04	67.19	133.50	917.67	1666.90	1665.21	1296.82	0.00	6626.05	110.43
Nov	585.99	203.24	23.43	62.66	133.73	965.33	1577.48	1591.84	1306.75	0.00	6450.45	107.51
Dic	615.93	220.26	25.28	45.72	138.11	977.33	1648.09	1550.87	1300.99	133.38	6655.96	110.93
TOTAL	7134.68	2491.18	285.92	575.39	1487.20	11017.45	19042.79	18505.29	15214.15	912.12	76666.17	1277.77
TOTAL HORAS	118.91	41.52	4.77	9.59	24.79	183.62	317.38	308.42	253.57	15.20		

Fuente: La empresa, elaboración propia

En la tabla N°21, se observa que el total del tiempo por reprocesos de los productos no conformes es de 1277.77 horas para 2401 productos no conformes, lo que lleva a un promedio de 0.53 horas de reprocesos por producto no conforme. En la misma tabla se observa que, el mayor tiempo de reprocesos se dan en el punto de control 7 y 8 con 317.38 y 308.42 horas respectivamente, los segundos son el punto de control 9 y 6 con 253.57 y 183.62 horas respectivamente. A continuación, se muestran estos puntos de control en el diagrama de flujo de producción:

Figura N° 37: Diagrama de Flujo Controles de Inspección con mayor tiempo de reprocesos

Fuente: La empresa

Se considera un impacto económico de los productos no conformes en cuanto a tiempo de reprocesos y mano de obra, lo que se deja de producir en el tiempo de reprocesos y el costo de las unidades por merma que originan reprocesos es decir volver a producir, siendo un total de S/134,942.47, equivalente al 8.57 % de las ventas de los marcos, como se muestra a continuación:

Tabla N° 22: Impacto económico por productos no conformes

Impacto económico	
Total tiempo por reprocesos (horas)	1277.77
Operarios	8.00
Costo hora hombre	S/ 4.58
Total pérdidas por reprocesos	S/ 46,766.36
Equivalente a las ventas	2.97%
Ventas	S/ 1,575,157.50
Pérdida en producción	
Tiempo de producción promedio por marco (horas)	2.22
Se deja de producir en unidades	577
Precio promedio de venta por marco	S/ 102.75
Total pérdida de ventas	S/ 59,286.75
Merma (unidades)	788
Costo materia prima promedio	S/ 37.66
Venta de merma soles por marco	S/ 1.00
Total pérdida por merma	S/ 28,889.35
Total impacto económico por productos no conformes	S/ 134,942.47
Equivalente al	8.57%

Fuente: La empresa

Los productos no conformes generan, tiempo por reprocesos, lo que se deja de producir en ese tiempo y el costo de la materia prima por la generación de merma, es decir unidades que ya no pueden utilizarse. Para los tiempos de reprocesos se considera el trabajo de los 8 operarios en planta, por un costo de hora hombre de S/4.58, siendo un total de S/46,766.36, el costo por lo que se deja de producir, es decir, la pérdida de ventas es de S/59,286.75 y por último el total de pérdida por merma, la empresa vende la merma a

diferentes empresas de manualidades a S/1 por marco, por lo que el total de pérdida es de S/28,889.35

Impacto económico de la problemática

A continuación, se resume los impactos económicos que se han calculado de los puntos 2.3.1, 2.3.2 y 2.3.3.

Tabla N° 23: Impacto económico Total – 2017

Impacto económico	
Demora en la entrega	S/ 266,181.48
Cuellos de botella	S/ 82,004.37
Productos no conformes	S/ 134,942.47
Total impacto económico	S/ 483,128.31
Equivalente al	30.7%
De las ventas de marcos	S/ 1,575,157.50

Fuente: La empresa

El impacto total de la problemática es de S/483,128.31 equivalente al 30.7% de las ventas de únicamente de marcos de S/1, 575,157.50.

Se concluye que la demora en el área de producción es el área que ocasiona la demora en la entrega, generando merma, reprocesos y cuellos de botella.

Análisis de causas raíz

Para el análisis de causas raíz, se procesó la base de datos para llegar a las causas raíz de los productos no conformes, teniendo en cuenta que las causas no se registran como tales, sin embargo, se consideró la razón de cada punto de inspección en donde se determina que un producto es no conforme. A continuación, se muestra por mes la identificación de productos no conformes:

Tabla N° 24: Identificación de productos no conformes

Mes - 2017	Lote req unidades	Inventario de seguridad	Producto no conforme 1 (unidades)	Producto no conforme 2 (unidades)	Producto no conforme 3 (unidades)	Producto no conforme 4 (unidades)	Producto no conforme 5 (unidades)	Producto no conforme 6 (unidades)	Producto no conforme 7 (unidades)	Producto no conforme 8 (unidades)	Producto no conforme 9 (unidades)	Producto no conforme 10 (unidades)	Total productos no conformes
Ene	1187	28	51	38	14	8	2	13	16	14	10	15	181
Feb	1392	34	61	44	18	11	3	15	18	17	13	18	218
Mar	1202	25	53	39	15	9	3	14	17	15	11	15	191
Abr	1440	42	63	46	18	11	4	16	19	18	14	18	227
May	1246	22	55	40	15	9	2	14	17	16	11	16	195
Jun	1226	32	53	39	16	9	3	14	16	15	11	16	192
Jul	1258	31	56	41	15	10	3	14	17	15	12	16	199
Ago	1235	36	53	39	16	8	2	13	17	16	11	15	190
Set	1201	30	53	38	15	9	3	14	16	14	11	15	188
Oct	1320	33	58	43	16	10	3	14	18	17	12	17	208
Nov	1290	28	56	41	16	10	3	15	17	16	12	17	203
Dic	1333	29	58	43	17	10	3	15	18	16	12	17	209
TOTAL	15330	370	670	491	191	114	34	171	206	189	140	195	2401

Fuente: La empresa

En la tabla N° 24 se observa que en los puntos de inspección 1 y 2 se identifican los puntos de mayor cantidad de productos no conformes de 670 y 491 unidades respectivamente, el tercer punto de inspección es el 7 con 206 unidades, luego el 10 y 3 con 195 y 191 unidades y por último el punto de inspección 8 con 189 unidades no conformes.

Los puntos de inspección que se muestran en la tabla N°24, se marcaron en el DAP, como se muestra a continuación:

En la figura N° 38 se han identificado las actividades en donde se observan los productos no conformes, siendo 10 puntos de inspección, y se da la razón del rechazo de los productos, como se muestra a continuación:

Tabla N° 25: Punto de inspección y rechazo de producto

Punto de inspección	Rechazo de producto
NC1	Mal trazo y corte
NC2	Mal trazo y corte
NC3	Mal acabado de corte
NC4	Mal ensamblaje
NC5	Mal lijado
NC6	Mal pegado
NC7	Mal secado
NC8	Mal pintado
NC9	Mal pintado
NC10	Mal pintado

Por lo tanto, al procesar la base de datos, se determinan las cantidades de cada causa de identificación de productos no conformes, y se establece que las primeras 6 causas ordenadas de mayor a menor por frecuencia de identificación de productos no conformes equivalente al 81% del total, se muestra a continuación:

Tabla N° 26: Causas producto no conformes

PI	Causas - productos no conformes	Frecuencia	%	%acum
NC1	Mal corte de listones de madera en bruto	670	28%	28%
NC2	Mal corte y trazado de madera para las estructuras	491	20%	48%
NC7	Mal secado	206	9%	57%
NC10	Mal pintado final	195	8%	65%
NC3	Mal corte y trazado de madera para las uniones	191	8%	73%
NC8	Mal pintado de primera base	189	8%	81%
NC6	Mal pegado de trupám y estructura	171	7%	88%
NC9	Mal secado de primera base	140	6%	94%
NC4	Mal ensamblaje	114	5%	99%
NC5	Mal lijado (manual)	34	1%	100%
		2401	100%	

Elaboración propia

A continuación, se muestra el diagrama de Pareto para identificar la Regla 80-20% de Pareto.

Figura N° 39: Causas de productos no conformes

Elaboración propia

En la figura N°39 se ha marcado las 6 principales causas de los productos no conformes que ocasionan la demora en la línea de producción y por ende, la demora en la entrega de los productos finales.

Las causas raíz de cada una de las causas, se han determinado al utilizar la herramienta de los cinco porqués llegando a los siguientes resultados:

Figura N° 40: Identificación de Causas Raíz para de productos no conformes

Elaboración propia

De los diagramas de Pareto que se muestran en la figura N°40, se ha llegado a la elaboración del siguiente árbol causa y efecto:

Figura N° 41: Árbol de Causas y Efecto

Elaboración propia

El árbol de causas y efecto se inicia con la declaración del problema, productos no conformes lo cual conlleva a reprocesos, merma y tiempos de espera, cuyas causas se dan de acuerdo a los puntos de inspección determinados como los que rechazan mayor cantidad de productos en la línea de producción, y cada una de estas causas, tienen causas raíz, lo que lleva a la causa principal de un mal planeamiento de producción.

Indicadores

Los indicadores calculados en el desarrollo del capítulo 2 se muestran a continuación, así como la actividad que debe realizarse en el capítulo 3 y la posible solución para reducir o aumentar los valores:

Tabla N° 27: Indicadores del proceso actual

KPIs	Actual	Actividad	Solución
Takt Time	7.36 min/marco	Reducir	Optimizar procesos en fabricación
Unidades no conformes	2401 marcos	Reducir	Optimizar procesos en fabricación
Nivel de servicio (entrega a tiempo)	56.07% porcentaje	Incrementar	Incrementa entrega a tiempo
Demora en la entrega	1026.30 horas	Reducir	Optimizar procesos en fabricación
Tiempo de reprocesos	1277.77 horas	Reducir	Optimizar procesos en fabricación
Merma	788 unidades	Reducir	Optimizar procesos en fabricación
Tiempo de espera	660.62 horas	Reducir	Optimizar procesos en fabricación
Tiempo de producción por marco	132.93 minutos	Reducir	Optimizar procesos en fabricación

Elaboración propia

En la tabla N°27 se muestran los indicadores, siendo el más importante incrementar el nivel de servicio al reducir los productos que se entregan después del tiempo programado.

Objetivos

Objetivo General

Elaborar una propuesta de mejora del proceso de producción de marcos con el objetivo de reducir los productos no conformes los cuales influyen en la demora de la entrega de los productos finales a tiendas y clientes corporativos utilizando la metodología de Lean Manufacturing y sus herramientas de Just In Time, para analizar la apropiada demanda y nivelar la línea de producción, VSM para analizar los cuellos de botella en cada fase de desarrollo de la propuesta, y Poka Yoke para reducir los defectos en la línea de producción y cuellos de botella, y por último la herramienta de Ingeniería de Optimización de

Producción para lograr menores costos en producción por medio de una debida gestión de la producción.

Objetivos Específicos

- Análisis de la situación actual de la empresa
- Desarrollo de las herramientas de mejora
- Validación financiera del proyecto y validación de la propuesta de mejora del proceso de producción

Hipótesis

La propuesta de mejora del proceso de producción de marcos con el objetivo de reducir los productos no conformes los cuales influyen en la demora de la entrega de los productos finales a tiendas y clientes corporativos se utiliza la metodología de Lean Manufacturing y sus herramientas de Just In Time, para analizar la apropiada demanda y nivelar la línea de producción, VSM para analizar los cuellos de botella en cada fase de desarrollo de la propuesta, y Poka Yoke para reducir los defectos en la línea de producción y cuellos de botella, y por último la herramienta de Ingeniería de Optimización de Producción para lograr menores costos en producción por medio de una debida gestión de la producción.

Variables

Las variables se rigen por la función $f(x) = y$ en donde la y es la variable independiente y la x es o son las variables dependientes, las cuales llevan a la solución por medio de implementación de las herramientas de solución. A continuación, se muestra la relación de los objetivos, variables x e y , y los indicadores.

Tabla N° 28: Variables independientes y dependientes

Objetivos	Variables $f(X) = Y$	Medición	Indicadores
Objetivo General	Independientes (Y)	Unidades	
Elaborar una Propuesta de mejora del proceso de producción	Y: Mejora del proceso producción		
Objetivos Específicos	Dependientes (X)	Unidades	
Análisis de la situación actual de la empresa	X1: Tiempo X2: Costos mano de obra X3: Unidades de productos X4: Reprocesos	Horas o días Soles Marcos producidos Soles	Takt Time Unidades no conformes Nivel de servicio (entrega a tiempo) Demora en la entrega Tiempo de reprocesos Merma Tiempo de espera Tiempo de producción por marco
Desarrollo de las herramientas de mejora	X1: Tiempo X2: Costos mano de obra X3: Unidades de productos X4: Reprocesos X5: Cuellos de botella X6: Productos no conformes X7: Operarios	Horas o días Soles Marcos producidos Horas y Soles Horas y Soles Marcos, merma, horas, soles Horas, soles	Takt Time Unidades no conformes Nivel de servicio (entrega a tiempo) Demora en la entrega Tiempo de reprocesos Merma Tiempo de espera Tiempo de producción por marco
Validación financiera del proyecto y validación de la propuesta de mejora del proceso de producción	X1: Tiempo X2: Costos mano de obra X3: Unidades de productos X4: Reprocesos X5: Cuellos de botella X6: Productos no conformes X7: Operarios	Horas o días Soles Marcos producidos Horas y Soles Horas y Soles Marcos, merma, horas, soles Horas, soles	Takt Time Unidades no conformes Nivel de servicio (entrega a tiempo) Demora en la entrega Tiempo de reprocesos Merma Tiempo de espera Tiempo de producción por marco

Elaboración propia

En la tabla N°28 se muestra la relación de los objetivos y los indicadores que se han calculado, al analizar la situación actual de la empresa.

Capítulo 3: Evaluación de Propuesta de Mejora

En el presente capítulo se realiza la selección de la metodología y herramientas que se utiliza para elaborar la propuesta de la mejora continua de la empresa. En la primera parte, se selecciona la metodología a utilizar de acuerdo con los criterios seleccionados de acuerdo con el objetivo de la empresa de reducir o eliminar las demoras de las entregas. Posteriormente, se presenta el diseño de la propuesta, el tercer punto es el desarrollo de la mejora calculando ahorros e inversión, además de los indicadores establecidos y por último se valida la propuesta de mejora de manera financiera y simulando los procesos, actual y mejora, para su debida comparación.

A continuación, se presenta la relación entre el problema, objetivo e impacto económico:

Tabla N° 29: Relación entre problemas, objetivos e impacto económico

Problemas	Objetivos	Impacto
Demora en la entrega, originada por cuello de botella en la producción y productos no conformes, originados por defectos en la línea de producción.	Elaborar una propuesta de mejora del proceso de producción de marcos con el objetivo de reducir los productos no conformes y demora de la entrega de los productos finales a tiendas y clientes corporativos utilizando la metodología de Lean Manufacturing y sus herramientas de Just In Time, para analizar la apropiada demanda y nivelar la línea de producción, VSM para analizar los cuellos de botella en cada fase de desarrollo de la propuesta, y Poka Yoke para reducir los defectos en la línea de producción y cuellos de botella, y por último la herramienta de Ingeniería de Optimización de Producción para lograr menores costos en producción por medio de una debida gestión de la producción.	La demora en la entrega de productos finales a tiendas y clientes corporativos se generan por la demora en la línea de producción y productos no conformes, lo cual genera un impacto económico que incluye costos de producción, reprocesos, merma, tiempo de espera (cuellos de botella) es de S/483,128.31 equivalente al 30.7% de las ventas de S/1,575,157.50.

Elaboración propia

3.1. Selección de la metodología y herramientas

Para seleccionar la metodología y herramientas que se utilizarán, se utilizará el método AHP (Analytic Hierarchy Process). El cual es un método para la toma de decisiones.

3.1.1. Selección de la metodología

Para la selección de la metodología, se ha seleccionado para su comparación entre:

- Gestión de procesos
- Lean Manufacturing
- Gestión de Calidad Total (TQM – Total Quality Management)

Se realiza un análisis de las tres alternativas propuestas de acuerdo con la teoría indicada, para luego aplicar el proceso de análisis por jerarquía o AHP por sus siglas en inglés Analytic Hierarchy Process, y así tomar la decisión de la alternativa más conveniente para solucionar las causas del problema. Se seleccionan los criterios de acuerdo con los objetivos de la empresa como:

- Fácil implementación de la propuesta de mejora
- Estandarización que logre la eliminación o reducción de desperdicios o despilfarros en el proceso de la propuesta de mejora
- Recursos que agreguen valor al proceso de la propuesta de mejora
- Procesos que sean dirigidos a cada una de las actividades del proceso de la propuesta de mejora.

A continuación se muestra un resumen de la teoría de las tres alternativas.

Tabla N° 30: Análisis teórico de las alternativas

Criterio	Metodologías		
	Gestión por Procesos (1)	Lean Manufacturing (2)	TQM (3)
Fácil implementación	Maneja problemas en el proceso	Maximiza el valor y velocidad en un proceso	Mejora Continua
Estandarización	Controla todo el proceso vía la solución de los problemas, maximizando la capacidad de ellos para eliminar los reprocesos	Remover los desperdicios, reducir la complejidad y flujo del proceso	Metodología específica de calidad. Todos deben tener conocimiento y ser responsables por la calidad en toda la empresa
Recursos	Incrementa el rendimiento	Agrega valor al rendimiento del proceso	Identifica y elimina los defectos
Procesos	Identifica los problemas en los procesos Evalúa los problemas Subordina las fases del proceso Soluciona los problemas Repite el ciclo	Identifica el valor Mapea la cadena de valor Mejora el flujo del proceso Trabajo de estirar el proceso Busca la perfección	Planear Hacer Controlar Actuar

Fuente: (1) (2) (3)

Las alternativas seleccionadas para su evaluación son de las metodologías son: Gestión por Procesos, Lean y TQM (Total Quality Management).

1. El investigador debe colocar los pesos de comparación de las alternativas para cada uno de los criterios.
2. En la tabla de comparación de pares, se toma el valor por ejemplo de GP vs Lean, es de $1/4=0.25$, se coloca en la tabla como se muestra en la tabla N° 32.
3. Los valores de comparación calculados se suman, por ejemplo para la columna GP del criterio Fácil implementación es $1+4+0.25 = 5.25$, se completa la tabla de esta manera para cada uno de los criterios. (Tabla N°32).

Tabla N° 31: Comparación de Alternativas y Criterios

Comparación de Alternativas con sus Criterios					Comparación de Pares			
Fácil Implementación	Alternativas	Peso	Alternativas	Peso	Fácil Implementación	GP	Lean	TQM
	GP	1.00	Lean	4.00	GP	1.00	0.25	4.00
	GP	4.00	TQM	1.00	Lean	4.00	1.00	9.00
	Lean	9.00	TQM	1.00	TQM	0.25	0.11	1.00
						5.25	1.36	14.00
Estandarización					Estandarización	GP	Lean	TQM
	GP	3.00	Lean	1.00	GP	1.00	3.00	0.20
	GP	1.00	TQM	5.00	Lean	0.33	1.00	0.14
	Lean	1.00	TQM	7.00	TQM	5.00	7.00	1.00
						6.33	11.00	1.34
Recursos					Recursos	GP	Lean	TQM
	GP	5.00	Lean	1.00	GP	1.00	5.00	9.00
	GP	9.00	TQM	1.00	Lean	0.20	1.00	4.00
	Lean	4.00	TQM	1.00	TQM	0.11	0.25	1.00
						1.31	6.25	14.00
Procesos					Procesos	GP	Lean	TQM
	GP	1.00	Lean	3.00	GP	1.00	0.33	5.00
	GP	5.00	TQM	1.00	Lean	3.00	1.00	9.00
	Lean	9.00	TQM	1.00	TQM	0.20	0.11	1.00
						4.20	1.44	15.00

Elaboración Propia

- Para la normalización de la tabla (tabla N° 33), se debe primero dividir cada uno de los valores hallado en la tabla de comparación de pares (Tabla N° 32), por ejemplo, para GP vs. GP, se toma el valor 1 y se divide por el total de la columna 5.25, teniendo como resultado 0.19 (Tabla N°33), de esta manera se completa las tablas de las alternativas para cada uno de los criterios.
- Se calcula el total y promedio para cada fila de las alternativas en cada criterio.
- Se calcula la consistencia al multiplicar matrices, tomando la fila de comparación de pares (Tabla N°32) por ejemplo para GP es (1.00, 0.25, 4.00) por el promedio de la normalización de tabla (Tabla N°33) por ejemplo para el criterio Fácil Implementación es (0.22, 0.71, 0.07) entre el primer promedio, en este caso es 0.22 el resultado es 3.027, de esta manera se completa la tabla de normalización. (Tabla N°33)
- Para el índice de consistencia (CI) se toma la fórmula indicada en el Capítulo 1 bajo AHP, y el cálculo es 0.019.

8. Para el índice aleatorio (IR), se toma de acuerdo con la tabla que se indica en el Capítulo 1 bajo AHP, cuando $n = 3$ (número de metodologías o alternativas) para el cual el valor es 0.58,
9. Para calcular la relación de consistencia (CR) = $CI/RI = 0.032$ por lo que es menor que 0.1, lo cual indica que los pesos se han determinado bien sin que el investigador tienda a una metodología en especial, si hubiera resultado la consistencia mayor que 0.1, el investigador debe cambiar los pesos que se dieron en la Tabla N° 32, Comparación de Alternativas.

Tabla N° 32: Normalización de Tabla

Normalización de tabla						
Fácil Implementación	GP	Lean	TQM	Total	Promedio	Consistencia
GP	0.19	0.18	0.29	0.66	0.22	3.027
Lean	0.76	0.73	0.64	2.14	0.71	3.078
TQM	0.05	0.08	0.07	0.20	0.07	3.007
					CI	0.019
					RI	0.580
					CR	0.032
Estandarización	GP	Lean	TQM	Total	Promedio	Consistencia
GP	0.16	0.27	0.15	0.58	0.19	3.043
Lean	0.05	0.09	0.11	0.25	0.08	3.014
TQM	0.79	0.64	0.74	2.17	0.72	3.141
					CI	0.033
					RI	0.580
					CR	0.057
Recursos	GP	Lean	TQM	Total	Promedio	Consistencia
GP	0.76	0.80	0.64	2.21	0.74	3.157
Lean	0.15	0.16	0.29	0.60	0.20	3.049
TQM	0.08	0.04	0.07	0.20	0.07	3.012
					CI	0.036
					RI	0.580
					CR	0.062
Procesos	GP	Lean	TQM	Total	Promedio	Consistencia
GP	0.24	0.23	0.33	0.80	0.27	3.026
Lean	0.71	0.69	0.60	2.01	0.67	3.057
TQM	0.05	0.08	0.07	0.19	0.06	3.005
					CI	0.015
					RI	0.580
					CR	0.025

Elaboración Propia

10. Se realiza los mismos pasos (1-9) anteriores para los criterios, como se muestra en la Tabla N°33.

Tabla N° 33: Asignación de los Pesos de Criterios

Pesos de Criterios			
Criterios	Peso	Criterios	Peso
Fácil implementación	4.00	Estandarización	1.00
Fácil implementación	3.00	Recursos	1.00
Fácil implementación	7.00	Procesos	1.00
Estandarización	1.00	Recursos	3.00
Estandarización	3.00	Procesos	1.00
Procesos	1.00	Recursos	5.00

Comparación de Pares							
Criterios	Fácil Implementación	Estandarización	Recursos	Procesos			
Fácil Implementación	1.000	4.000	3.000	7.000			
Estandarización	0.250	1.000	0.333	3.000			
Recursos	0.333	3.000	1.000	5.000			
Procesos	0.143	0.333	0.200	1.000			
	1.726	8.333	4.533	16.000			
Normalización de tabla							
	Fácil Implementación	Estandarización	Recursos	Procesos	Total	Promedio	Consistencia
Fácil Implementación	0.579	0.480	0.662	0.438	2.159	0.540	4.228
Estandarización	0.145	0.120	0.074	0.188	0.526	0.131	4.023
Recursos	0.193	0.360	0.221	0.313	1.086	0.272	4.171
Procesos	0.083	0.040	0.044	0.063	0.229	0.057	4.056
						CI	0.040
						RI	0.900
Inconsistencia =>						CR	0.044

Elaboración Propia

En la tabla N°33 se muestra que la consistencia de la asignación de pesos para los criterios es de 0.044, menor que 0.1, por lo que significa que los pesos se han asignado bien y sin tendencia a un criterio en especial.

- Por último, se calcula la prioridad de la metodología (Tabla N°34), al multiplicar el promedio de la normalización de tabla de los criterios por cada uno de los promedios de la normalización de tabla de las metodologías, por ejemplo se toma el promedio del criterio Fácil implementación de 0.54 (Tabla N°33) por el promedio de la metodología GP bajo el criterio Fácil implementación 0.22 (Tabla N°32), el resultado es de 0.119, así se completa la tabla N° 34 para cada uno de los criterios y para cada una de las metodologías. El resultado se selecciona Lean Manufacturing con un ponderado de 0.488, como se muestra a continuación:

Tabla N° 34: Prioridad de metodología

Prioridad con respecto a:					
Alternativa	Fácil Implementación	Estandarización	Recursos	Procesos	Objetivo
GP	0.119	0.025	0.200	0.015	0.359
Lean	0.385	0.011	0.054	0.038	0.488
TQM	0.036	0.095	0.018	0.004	0.153
Totales	0.540	0.131	0.272	0.057	1.000

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, se concluye que la mejor metodología para el problema que la empresa tiene es Lean Manufacturing.

Diseño de propuesta

El diseño de la propuesta comprende las herramientas de la metodología Lean Manufacturing que específicamente se enfocan en los problemas y causas raíz que se han analizado. Se utiliza el VSM para el análisis de los cuellos de botella entre las actividades del proceso de producción de marcos. La herramienta de Just-In-Time, se enfoca en el buen pronóstico de la demanda y debe nivelarse la línea de producción para reducir los cuellos de botella con el objetivo de reducir la demora en la entrega, es decir que las tiendas tengan los productos que requieren en el momento que los necesitan, es por ello que debe primero analizar y pronosticar la demanda bien. Luego, se implementa la herramienta de Poka Yoke, la cual es estandarizar el proceso de producción para reducir o eliminar los errores en el proceso de producción y así reducir o eliminar los productos no conformes, Poka Yoke es una herramienta para la gestión de calidad de los productos, y así también reducir los tiempos por reprocesos que estos productos generan. A continuación se muestra el diseño de la propuesta:

Figura N° 42: Diseño de Propuesta

Elaboración propia

En la figura N° 42, se muestra el problema, las causas y los efectos que se generan específicamente por la demora en la entrega de los productos. Llegándose a la conclusión que el planeamiento deficiente de producción genera la demora en la entrega específicamente por los productos no conformes que se producen por el proceso de producción.

Propuesta de mejora

La propuesta de mejora se enfocará en reducir los tiempos en producción y en consecuencia las demoras en entrega, así como se nivelará la línea de producción para una entrega justo a tiempo, utilizando la herramienta Just-In-Time y se aplicará el procedimiento de Poka Yoke para la gestión de calidad en la línea de producción de tal forma que se reduzcan los productos no conformes. Para aplicar, las herramientas de Lean Manufacturing, se debe utilizar la metodología de implementación PDCA, (Plan, Do, Check y Act, en español es Planear, hacer, revisar y actuar).

Planear

En esta fase, se debe resumir el análisis de la situación actual, en donde se observó que el problema generalizado para la empresa es la demora de los marcos producidos a tiendas y clientes corporativos, siendo 2485 días de demora lo que equivale a 6734 unidades que se entregan después de la programación, de un total de 15330 unidades en el año 2017.

Tabla N° 35: Días de demora (fecha real vs. programada) 2017

Total demora (días)	2485
Número de procesos	1241
Promedio de unidades en demora	6734

Fuente: La empresa

Al analizar la línea de producción, se determinó que el proceso tiene cuellos de botella en 5 actividades, ya que son mayores que el tiempo Takt de 7.357 minutos por marco. Estas actividades son

- Cortar Trupan
- Empastar marco para cerrar porosidad de la madera
- Dejar secar pintado primera base (Manual)
- Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)
- Dejar secar pintado final (Manual - Espera)

Los tiempos de ciclo de cada una de estas actividades al ser mayores que el valor del Takt time, generan cuellos de botella, y por lo tanto, productos en espera para ingresar a la siguiente actividad.

Figura N° 43: VSM Actual

Fuente: La empresa, elaboración propia

Se determinó que hay un tiempo de espera de 14.03 minutos por marco, generando un retraso de 448.11 días en la producción,

Asimismo, se analizó el propio proceso, el cual se encuentra fuera de control estadístico, generando productos no conformes, los cuales incluyen unidades en reprocesos y mermas. Llegándose a determinar que las unidades por reprocesos son 1613 y merma son de 788, lo que origina la nueva producción de éstas, siendo un total de 2401 unidades equivalente al 15.29% del total de unidades producidas. Lo que indica que se producen 15330 más los 370 de inventario de seguridad y más las unidades de productos no conformes, siendo un total de 18,101 unidades.

Tabla N° 36: Unidades de merma y de reprocesos – 2017

Row Labels	Lote req unidades	Unidades producidas para almacén	Total merma en unidades	Total unidades en reprocesos	Total unidades no conformes
Ene	1187	28	58	123	181
Feb	1392	34	68	150	218
Mar	1202	25	69	122	191
Abr	1440	42	77	150	227
May	1246	22	66	129	195
Jun	1226	32	64	128	192
Jul	1258	31	61	138	199
Ago	1235	36	63	127	190
Set	1201	30	61	127	188
Oct	1320	33	67	141	208
Nov	1290	28	67	136	203
Dic	1333	29	67	142	209
Grand Total	15330	370	788	1613	2401
Equivalente al total de unidades producidas			5.02%	10.27%	15.29%

Fuente: La empresa, elaboración propia

Por otro lado, el total del tiempo por reprocesos de los productos no conformes es de 1277.77 horas para 2401 productos no conformes, lo que lleva a un promedio de 0.53 horas de reprocesos por producto no conforme. En la misma tabla se observa que, el mayor tiempo de reprocesos se dan en el punto de control 7 y 8 con 317.38 y 308.42 horas respectivamente, los segundos son el punto de control 9 y 6 con 253.57 y 183.62 horas respectivamente, lo que indica que las actividades de

- Empastado
- Pintado de primera base
- Secado de primera base
- Pegado de trupán y estructura

Se han realizado mal, por lo que han generado reprocesos, es decir, las unidades han retornado para volver a procesarlas en actividades anteriores.

A continuación, se muestran estos puntos de control en el diagrama de flujo de producción:

Figura N° 44: Diagrama de Flujo Controles de Inspección con mayor tiempo de reprocesos

Fuente: La empresa

Se considera un impacto económico de los productos no conformes en cuanto a tiempo de reprocesos y mano de obra, lo que se deja de producir en el tiempo de reprocesos y el costo de las unidades por merma que originan reprocesos es decir volver a producir, siendo un total de S/134,942.47, equivalente al 8.57% de las ventas de los marcos.

Por lo tanto, se debe tener un buen pronóstico real de la demanda, de acuerdo con JIT, para poder realizar una nivelación de línea y así llegar a mejores tiempos por actividad reduciendo los tiempos de producción y tiempos de espera eliminando los cuellos de botella, luego se aplica la herramienta Poka Yoke para la gestión de calidad en las estaciones de trabajo con fallas, se implementan sistemas a prueba de errores para eliminar los puntos de control de calidad empoderando a cada uno de los operarios la responsabilidad de calidad de los productos, hasta la inspección final. Y por último, la optimización de producción para determinar la producción exacta que debe realizarse por mes y reducir los costos de producción y almacenamiento y lograr que los productos se encuentren en el tiempo indicado (justo a tiempo).

Hacer

En esta fase se desarrollan cada una de las herramientas seleccionadas de la metodología de Lean Manufacturing demostrando la reducción de horas en producción y entrega, la reducción de productos no conformes y la optimización de la producción.

Desarrollo de JIT

Gestión de demanda

Para el desarrollo de Just In Time, se realiza el pronóstico de demanda por el método multiplicativo ya que el promedio del error absoluto de 77.25 es menor que en los casos de Promedio movible y promedio movible centrado, 86.88 y 122.63 respectivamente. Método que también se incluyen en el multiplicativo.

Tabla N° 37: Error absoluto

Error Absoluto Multiplicativo	77.25
Error Absoluto Promedio Móvil Simple	86.88
Error Absoluto Promedio Móvil Centrado	122.63

Elaboración propia

El índice de estacionalidad se realizó por trimestres, siendo 4 trimestres de 0.99, 1.01, 0.98 y 1.01. Los más altos índices indican que la demanda es alta y los bajos es menor. Por lo que es otra razón para seleccionar el método multiplicativo de pronóstico de demanda.

Se inicia los cálculos con las demandas históricas de la empresa, para los años 2015 al 2017 véase la tabla N°38, luego se calcula la demanda por medio del método movable para cada 3 meses anteriores, luego el promedio movable centrado, el cual toma dos promedios del método movable posteriores. Luego, se calcula la tendencia con la ecuación $y = mx + b$, en donde x es el número de meses, m es la pendiente y b la constante, para lo cual se ha utilizado la función de Tendencia en Excel.

El índice de estacionalidad para cada mes es la división de la tendencia entre la demanda histórica. De estos valores se calcula el promedio para cada uno de los trimestres, y el valor final se multiplica por la tendencia. El error absoluto es la resta de la demanda histórica menos el pronóstico.

Tabla N° 38: Pronóstico de Demanda

Demanda en frecuencia				Gestión de demanda								
Año	Mes	Trimestre	Demanda/f rec	Promedio móvil	Promedio móvil centrado	Tendencia	Índice de estacionalidad	Pronóstico	Error Absoluto	Trimestre	Índice de estacionalidad trimestral	
2015	Ene	1	1	702			807.42	0.87	802.60	100.60	1	0.99
	Feb	2	2	785			824.05	0.95	832.28	47.28	2	1.01
	Mar	3	3	733	740	756.50	840.69	0.87	827.24	94.24	3	0.98
	Abr	4	4	801	773	787.67	857.33	0.93	867.65	66.65	4	1.01
	May	1	5	873	802	815.50	873.97	1.00	868.76	4.24		
	Jun	2	6	812	829	844.83	890.60	0.91	899.49	87.49		
	Jul	3	7	898	861	850.33	907.24	0.99	892.72	5.28		
	Ago	4	8	809	840	867.00	923.88	0.88	935.01	126.01		
	Set	1	9	976	894	899.00	940.52	1.04	934.91	41.09		
	Oct	2	10	926	904	932.00	957.16	0.97	966.71	40.71		
	Nov	3	11	979	960	952.00	973.79	1.01	958.21	20.79		
	Dic	4	12	926	944	974.67	990.43	0.93	1002.36	76.36		
2016	Ene	1	13	1112	1006	1037.83	1007.07	1.10	1001.06	110.94		
	Feb	2	14	1172	1070	1117.50	1023.71	1.14	1033.92	138.08		
	Mar	3	15	1211	1165	1192.00	1040.34	1.16	1023.70	187.30		
	Abr	4	16	1274	1219	1219.00	1056.98	1.21	1069.71	204.29		
	May	1	17	1172	1219	1215.00	1073.62	1.09	1067.22	104.78		
	Jun	2	18	1187	1211	1167.67	1090.26	1.09	1101.14	85.86		
	Jul	3	19	1014	1124	1116.50	1106.89	0.92	1089.18	75.18		
	Ago	4	20	1125	1109	1098.17	1123.53	1.00	1137.06	12.06		
	Set	1	21	1124	1088	1104.33	1140.17	0.99	1133.37	9.37		
	Oct	2	22	1114	1121	1136.33	1156.81	0.96	1168.35	54.35		
	Nov	3	23	1217	1152	1186.17	1173.44	1.04	1154.67	62.33		
	Dic	4	24	1331	1221	1232.83	1190.08	1.12	1204.41	126.59		
2017	Ene	1	25	1187	1245	1274.17	1206.72	0.98	1199.52	12.52		
	Feb	2	26	1392	1303	1281.83	1223.36	1.14	1235.57	156.43		
	Mar	3	27	1202	1260	1302.50	1240.00	0.97	1220.15	18.15		
	Abr	4	28	1440	1345	1320.33	1256.63	1.15	1271.77	168.23		
	May	1	29	1246	1296	1300.00	1273.27	0.98	1265.68	19.68		
	Jun	2	30	1226	1304	1273.67	1289.91	0.95	1302.78	76.78		
	Jul	3	31	1258	1243	1241.50	1306.55	0.96	1285.64	27.64		
	Ago	4	32	1235	1240	1235.50	1323.18	0.93	1339.12	104.12		
	Set	1	33	1201	1231	1241.67	1339.82	0.90	1331.83	130.83		
	Oct	2	34	1320	1252	1261.17	1356.46	0.97	1370.00	50.00		
	Nov	3	35	1290	1270	1292.33	1373.10	0.94	1351.12	61.12		
	Dic	4	36	1333	1314		1389.73	0.96	1406.47	73.47		
2018	Ene	1	37				1406.37		1397.99			
	Feb	2	38				1423.01		1437.21			
	Mar	3	39				1439.65		1416.61			
	Abr	4	40				1456.28		1473.82			
	May	1	41				1472.92		1464.14			
	Jun	2	42				1489.56		1504.43			
	Jul	3	43				1506.20		1482.09			
	Ago	4	44				1522.84		1541.17			
	Set	1	45				1539.47		1530.29			
	Oct	2	46				1556.11		1571.64			
	Nov	3	47				1572.75		1547.58			
	Dic	4	48				1589.39		1608.53			
										77.25		

Elaboración propia

En la tabla 38, se ha calculado la demanda para el año 2018, lo cual se muestra en el recuadro.

Por lo tanto, la proyección de demanda es con tendencia positiva y estacional como se muestra a continuación,

Figura N° 45: Proyección de demanda año 2018

Elaboración propia

En la figura 45, se observa que la demanda tiende a incrementar con el tiempo, y se observa la estacionalidad en cada uno de los meses ya que incrementa y disminuye.

Balance de línea

Para el balance de línea, se considera a un operario por actividad, aunque éste realice dos o más actividades en un mismo proceso. Se completan los tiempos por actividad de la producción de cada marco. El ciclo de control, se refiere al mayor tiempo de todo el proceso en este caso es 14.90 minutos por la actividad de empastado, número de operarios 43, es decir para las 43 actividades. Como indicamos anteriormente, un operario realiza múltiples actividades en el proceso, y el tiempo de línea es de 640.78 minutos, lo que indica que es la multiplicación del tiempo de control por el número de actividades, teniendo un balance de línea del 21%. Este número debe incrementarse a más del 50%. Como se muestra a continuación:

Tabla N° 39: Balance de línea de producción

Descripción	Actual Tiempo	It 1		It 2		It 3		It 4		It 5		It 6		It 7		It 8		It 9		It 10		It 11	
		Min	Op	Min	Op	Min	Op	Min	Op	Min	Op	Min	Op	Min	Op	Min	Op	Min	Op	Min	Op	Min	Op
1 #001 Recoger Materia prima de Almacén	3.991	3.99	1	3.99	1	3.99	1	3.99	1	3.99	1	3.99	1	3.99	1	3.99	1	3.99	1	3.99	1	3.99	1
2 #002 Trasladar Materia prima a planta	2.009	2.01	1	2.01	1	2.01	1	2.01	1	2.01	1	2.01	1	2.01	1	2.01	1	2.01	1	2.01	1	2.01	1
3 #003 Cortar madera (Manual)	4.696	4.70	1	4.70	1	4.70	1	4.70	1	4.70	1	4.70	1	4.70	1	4.70	1	4.70	1	4.70	1	4.70	1
4 #004 Trasladar Madera para cepillado	0.275	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1
5 #005 Cepillar madera	1.731	1.73	1	1.73	1	1.73	1	1.73	1	1.73	1	1.73	1	1.73	1	1.73	1	1.73	1	1.73	1	1.73	1
6 #006 Trasladar la madera para corte y trazo	0.274	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1	0.27	1
7 #007 Cortar y trazar madera	4.771	4.77	1	4.77	1	4.77	1	4.77	1	4.77	1	4.77	1	4.77	1	4.77	1	4.77	1	4.77	1	4.77	1
8 #008 Trasladar la madera para moldeado	0.216	0.22	1	0.22	1	0.22	1	0.22	1	0.22	1	0.22	1	0.22	1	0.22	1	0.22	1	0.22	1	0.22	1
9 #009 Moldear madera para el encajonado de fondo	1.281	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1
10 #010 Trasladar madera moldeada	0.214	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1
11 #011 Finalizar corte de madera para uniones	1.281	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1	1.28	1
12 #012 Trasladar madera para lijado	0.215	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1	0.21	1
13 #013 Lijar estructura del marco	1.795	1.79	1	1.79	1	1.79	1	1.79	1	1.79	1	1.79	1	1.79	1	1.79	1	1.79	1	1.79	1	1.79	1
14 #014 Trasladar estructura del marco para armado	0.183	0.18	1	0.18	1	0.18	1	0.18	1	0.18	1	0.18	1	0.18	1	0.18	1	0.18	1	0.18	1	0.18	1
15 #015 Armar estructura del marco	6.971	6.97	1	6.97	1	6.97	1	6.97	1	6.97	1	6.97	1	6.97	1	3.49	2	3.49	2	3.49	2	3.49	2
16 #016 Trasladar para corte de Trupan	0.050	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
17 #017 Cortar Trupan	7.939	7.94	1	7.94	1	7.94	1	7.94	1	7.94	1	7.94	1	3.97	2	3.97	2	3.97	2	3.97	2	3.97	2
18 #018 Trasladar trupan para cuadrar esquinas	0.050	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
19 #019 Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)	1.990	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1
20 #020 Lijar trupan (Manual)	1.497	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1
21 #021 Lijar estructura del marco a mano (Manual)	1.506	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1
22 #022 Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)	3.970	3.97	1	3.97	1	3.97	1	3.97	1	3.97	1	3.97	1	3.97	1	3.97	1	3.97	1	3.97	1	3.97	1
23 #023 Pasar el pegamento a trupan (Manual)	4.997	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	1
24 #024 Dejar secar pegamento de trupan	5.969	5.97	1	5.97	1	5.97	1	5.97	1	5.97	1	5.97	1	5.97	1	5.97	1	5.97	1	2.98	2	2.98	2
25 #025 Pegar trupan y la estructura (Manual)	5.986	5.99	1	5.99	1	5.99	1	5.99	1	5.99	1	5.99	1	5.99	1	5.99	1	2.99	2	2.99	2	2.99	2
26 #026 Trasladar el trupan para el lijado	0.189	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1
27 #027 Lijado en la máquina por los lados del marco	4.821	4.82	1	4.82	1	4.82	1	4.82	1	4.82	1	4.82	1	4.82	1	4.82	1	4.82	1	4.82	1	4.82	1
28 #028 Trasladar el trupan para lijear a mano	0.185	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.19	1
29 #029 Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)	3.010	3.01	1	3.01	1	3.01	1	3.01	1	3.01	1	3.01	1	3.01	1	3.01	1	3.01	1	3.01	1	3.01	1
30 #030 Empastar marco para cerrar porosidad de la madera	14.902	14.90	1	7.45	2	14.90	2	4.97	3	4.97	3	4.97	3	4.97	3	4.97	3	4.97	3	4.97	3	4.97	3
31 #031 Dejar secar empastado (espera)	4.004	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1
32 #032 Inspección de secado	1.000	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1
33 #033 Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)	3.999	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1	4.00	1
34 #034 Pintar primera base (Manual)	1.506	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1	1.51	1
35 #035 Dejar secar pintado primera base (Manual)	8.971	8.97	1	8.97	1	8.97	1	8.97	1	8.97	1	4.49	2	4.49	2	4.49	2	4.49	2	4.49	2	4.49	2
36 #036 Inspección de secado de pintura primera base	0.988	0.99	1	0.99	1	0.99	1	0.99	1	0.99	1	0.99	1	0.99	1	0.99	1	0.99	1	0.99	1	0.99	1
37 #037 Pintar Segunda base (Manual)	1.503	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1	1.50	1
38 #038 Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)	10.012	10.01	1	10.01	1	5.01	2	5.01	2	5.01	2	5.01	2	5.01	2	5.01	2	5.01	2	5.01	2	5.01	2
39 #039 Pintado final (Manual - Espera)	1.994	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1	1.99	1
40 #040 Dejar secar pintado final (Manual - Espera)	8.992	8.99	1	8.99	1	8.99	1	8.99	1	4.50	2	4.50	2	4.50	2	4.50	2	4.50	2	4.50	2	4.50	2
41 #041 Inspección de pintado final	1.000	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1
42 #042 Trasladar al almacén de APT	0.998	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1
43 #043 Almacenaje de productos terminados	1.000	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1
Tiempo total de la actividad	132.93	132.93		132.93		147.83		132.93		132.93		132.93		132.93		132.93		132.93		132.93		132.93	
Ciclo de control		14.90		10.01		14.90		8.99		8.97		7.94		6.97		5.99		5.97		5.01		5.00	
No de Operarios		43.00		44.00		45.00		46.00		47.00		48.00		49.00		50.00		51.00		52.00		53.00	
Tiempo de línea		640.78		440.55		670.6		413.6		421.6		381.1		341.6		299.3		304.4		260.3		264.9	
% Balance		21%		30%		22%		32%		32%		35%		39%		44%		51%		51%		50%	
				9%		-8%		10%		-1%		3%		4%		5%		-1%		7%		-1%	
				pasar		pasar		pasar		pasar		pasar		pasar		pasar		pasar		pasar		detener	

Elaboración propia

En la tabla N° 39 se observa que en la iteración 10 logra pasar el 50% del balance de línea a 51% sin embargo en la iteración 11, se reduce a 50%, lo cual indica que debe quedarse en el 51% de balanceo. El ciclo de control se redujo a 5.01 minutos y se aumentó de 43 a 52 actividades, lo que indica que de 8 operarios se incrementará a 10 operarios. (Véase Anexo 1, para los cálculos). Generando ahorros de S/392,199.68, por la reducción en el tiempo de línea de 640.78 a 260.30 minutos, como se muestra a continuación:

Tabla N° 40: Ahorros por Línea de Balance

Ahorros		
Costo HH	S/	4.58
Actual		
Total de actividades		43.00
Operarios		8
Tiempo de línea - minutos		640.78
Producción		15330
Total tiempo - horas		163719.65
Total	S/	749,017.39
Mejora		
Total actividades		52.00
Operarios		10
Tiempo de línea - minutos		260.32
Producción		17976
Total tiempo - horas		77992.94
Total Soles	S/	356,817.70
Ahorros - Mano de Obra		S/ 392,199.68

Elaboración propia

Los datos calculados en el balance de línea se transfieren a un DAP para calcular el tiempo de producción por marco, lo cual es de 95.58 minutos de 132.93 minutos, ya que en algunas actividades se debe realizar por dos operarios, traslapados en el tiempo, es decir que 2 operarios se encuentran armando las estructuras en el momento que ingresan los lotes en esta actividad, lo que indica que cada operario lo realizará en 3.49 minutos en lugar de 6.97 minutos, como se muestra a continuación:

Tabla N° 41: DAP, después de implementar JIT

DAP												
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS				OPERARIO MATERIAL EQUIPO								
DIAGRAMA núm: Hoja num: 01/04				RESUMEN								
Objeto:				ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA		ECONOMÍA		
Actividad: Fabricación de Marcos				Operación	○		21					
				Transporte	□		11					
				Espera	D		5					
Método: Actual				Inspección	□		10					
Lugar: Planta de fabricación				Almacenamiento	▽		2					
				Distancia			32.31					
Operarios(s): Ficha num:				Tiempo			95.58					
Compuesto por: D. Requena Fecha: 17-02-2018												
Aprobado por: D. Requena Fecha: 17-02-2018												
DESCRIPCIÓN	Op re	D (m)	T (min)	SIMBOLO					Observaciones			
				○	□	D	□	▽				
Recoger Materia prima de Almacén	1		3.99					x				
Trasladar Materia prima a planta	1	7.83	2.01	x								
Cortar madera (Manual)	1	5.00	4.70		x							
Trasladar Madera para cepillado	1	3.33	0.27	x								
Cepillar madera	1	2.00	1.73	x								Espesor modelo - Máquina Galopa
Trasladar la madera para corte y trazo	1	3.33	0.27	x								
Cortar y trazar madera	1	5.00	4.77	x			x					Máquina Circular
Trasladar la madera para moldeado	1	2.58	0.22	x								
Moldear madera para el encajonado de fondo	1	1.50	1.28	x								Máquina Tupi
Trasladar madera moldeada	1	2.58	0.21	x								
Finalizar corte de madera para uniones	1	1.50	1.28	x			x					Máquinaria Circular
Trasladar madera para lijado	1	2.58	0.21	x								
Lijar estructura del marco	1	2.00	1.79	x								Máquina Lijadora
Trasladar estructura del marco para armado	1	2.25	0.18	x								
Armar estructura del marco	2	7.00	3.49	x			x					pegado y clavado - Manual
Trasladar para corte de Trupan	1	0.60	0.05	x								
Cortar Trupan	2	8.00	3.97	x								Máquina Circular
Trasladar trupan para cuadrar esquinas	1	0.60	0.05	x								
Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)	1		1.99	x								
Lijar trupan (Manual)	1		1.50	x								
Lijar estructura del marco a mano (Manual)	1		1.51	x			x					
Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)	1		3.97	x								
Pasar el pegamento a trupan (Manual)	1		5.00	x								
Dejar secar pegamento de trupan	2		2.98			x						(Manual - espera)
Pegar trupan y la estructura (Manual)	2		2.99	x			x					
Trasladar el trupan para el lijado	1	2.25	0.19	x								
Lijado en la máquina por los lados del marco	1	5.00	4.82	x								Máquina lijadora
Trasladar el trupan para lijado a mano	1	2.25	0.19	x								
Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)	1		3.01	x								
Empastar marco para cerrar porosidad de la madera	3		4.97	x								
Dejar secar empastado (espera)	1		4.00			x						(Manual - espera)
Inspección de secado	1		1.00				x					
Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)	1		4.00	x								
Pintar primera base (Manual)	1		1.51	x			x					
Dejar secar pintado primera base (Manual)	2		4.49			x						(Manual - espera)
Inspección de secado de pintura primera base	1		0.99				x					
Pintar Segunda base (Manual)	1		1.50	x								
Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)	2		5.01			x						(Manual - espera)
Pintado final (Manual - Espera)	1		1.99	x								
Dejar secar pintado final (Manual - Espera)	2		4.50			x						(Manual - espera)
Inspección de pintado final	1		1.00				x					
Trasladar al almacén de APT	1	3.00	1.00	x								
Almacenaje de productos terminados	1		1.00					x				
Total	52	32.31	95.58	21	11	5	10	2				

Elaboración propia

En la tabla N° 41 se muestra que al incrementar dos operarios más, se reduce el tiempo de fabricación de 132.93 a 95.58 lo cual, el nuevo balance es como se muestra a continuación:

Tabla N° 42: Nivelación de línea JIT

N°	Actividades	Operarios																			
		Actual										Mejora									
		OP	1	2	3	4	5	6	7	8	OP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Recoger Materia prima de Almacén	1	X								1	X									
2	Trasladar Materia prima a planta	1	X								1	X									
3	Cortar madera (Manual)	1		X							1		X								
4	Trasladar Madera para cepillado	1	X								1	X									
5	Cepillar madera	1			X						1			X							
6	Trasladar la madera para corte y trazo	1	X								1	X									
7	Cortar y trazar madera	1		X							1		X								
8	Trasladar la madera para moldeado	1	X								1	X									
9	Moldear madera para el encajonado de fondo	1				X					1				X						
10	Trasladar madera moldeada	1	X								1	X									
11	Finalizar corte de madera para uniones	1		X							1		X								
12	Trasladar madera para lijado	1	X								1	X									
13	Lijar estructura del marco	1					X				1					X					
14	Trasladar estructura del marco para armado	1	X								1	X									
15	Armar estructura del marco	1						X			2						X			X	
16	Trasladar para corte de Trupan	1	X								1	X									
17	Cortar Trupan	1		X							2		X							X	
18	Trasladar trupan para cuadrar esquinas	1	X								1	X									
19	Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)	1							X		1							X			
20	Lijar trupan (Manual)	1					X				1					X					
21	lijar estructura del marco a mano (Manual)	1					X				1					X					
22	Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)	1								X	1								X		
23	Pasar el pegamento a trupan (Manual)	1								X	1								X		
24	Dejar secar pegamento de trupan	1	X								2	X									X
25	Pegar trupan y la estructura (Manual)	1								X	2								X	X	
26	Trasladar el trupan para el lijado	1	X								1	X									
27	Lijado en la máquina por los lados del marco	1					X				1					X					
28	Trasladar el trupan para lijarse a mano	1	X								1	X									
29	Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)	1								X	1								X		
30	Empastar marco para cerrar porosidad de la madera	1								X	3								X	X	X
31	Dejar secar empastado (espera)	1	X								1	X									
32	Inspección de secado	1		X							1		X								
33	Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)	1								X	1								X		X
34	Pintar primera base (Manual)	1			X						1			X							
35	Dejar secar pintado primera base (Manual)	1	X								2	X					X				
36	Inspección de secado de pintura primera base	1								X	1							X			
37	Pintar Segunda base (Manual)	1				X					1				X						
38	Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)	1	X								2	X			X						
39	Pintado final (Manual - Espera)	1						X			1						X				
40	Dejar secar pintado final (Manual - Espera)	1	X								2	X									X
41	Inspección de pintado final	1								X	1							X			
42	Trasladar al almacén de APT	1	X								1	X									
43	Almacenaje de productos terminados	1			X						1			X							
TOTAL			18	5	3	2	4	2	3	6		18	5	3	3	4	3	3	6	4	4

Elaboración propia

En la tabla N°42, se muestra que al nivelar la línea se utilizan los operarios 9 y 10 para las actividades que requieren de mayor tiempo. En el actual únicamente se utiliza un operario por actividad, en la mejora de 2 a 3 operarios trabajan para las 8 actividades de mayor tiempo.

Al plasmar los nuevos tiempos en el VSM, observa que ya no existen tiempos mayores que el takt time, por lo que ya no existen los cuellos de botella. El takt time se redujo de 7.357 minutos/marco a 6.274 min/marco al incrementar la producción de 15330 a 17976 (proyección de demanda), es decir un incremento de demanda diaria de 42 marcos/día a 49.25 marcos/día.

Los tiempos por el balance de línea no exceden el takt time por lo que no se registran cuellos de botella, como se muestra a continuación:

Figura N° 46: VSM después de implementar el balance de línea

Elaboración propia

En la Figura N°46 se muestra que se ha nivelado la línea de producción al eliminar los cuellos de botella e incrementar la línea por 2 operarios, ya que el tiempo en línea disminuye de 640.78 a 260.30 minutos.

Desarrollo de Poka Yoke

La herramienta de Poka Yoke, estandarizará el control de calidad en cada una de las estaciones de trabajo bajo responsabilidad de cada uno de los operarios, eliminando así la inspección. Por lo que al determinar los puntos en donde se generan los productos no conformes como se muestra a continuación:

Tabla N° 43: Tiempos por reprocesos

Mes - 2017	Tiempo de reproceso 1 (minutos)	Tiempo reproceso 2 (minutos)	Tiempo reproceso 3 (minutos)	Tiempo reproceso 4 (minutos)	Tiempo reproceso 5 (minutos)	Tiempo reproceso 6 (minutos)	Tiempo de reproceso 7 (minutos)	Tiempo reproceso 8 (minutos)	Tiempo reproceso 9 (minutos)	Tiempo reproceso 10 (minutos)	Total minutos por reprocesos	Total horas por reprocesos
Ene	543.46	195.02	21.64	41.81	87.85	831.15	1484.90	1367.12	1093.49	0.00	5666.44	94.44
Feb	634.91	227.18	27.02	47.03	131.88	975.92	1694.15	1676.61	1425.41	0.00	6840.11	114.00
Mar	572.09	209.98	22.57	40.90	127.31	896.37	1568.33	1462.69	1189.79	388.37	6478.40	107.97
Abr	642.16	230.51	26.77	73.33	173.44	1014.73	1743.41	1748.32	1529.41	0.00	7182.08	119.70
May	592.44	208.92	22.58	47.49	82.90	905.35	1572.84	1588.69	1198.38	0.00	6219.59	103.66
Jun	567.04	200.31	24.33	40.83	132.34	897.33	1459.87	1463.17	1186.29	263.18	6234.69	103.91
Jul	599.83	207.06	22.87	39.86	123.66	895.69	1563.34	1452.52	1296.89	0.00	6201.72	103.36
Ago	576.15	178.32	23.58	31.80	83.43	853.25	1548.73	1567.27	1202.45	127.19	6192.17	103.20
Set	566.56	193.78	21.81	36.77	139.05	887.33	1514.75	1370.98	1187.48	0.00	5918.51	98.64
Oct	638.12	216.60	24.04	67.19	133.50	917.67	1666.90	1665.21	1296.82	0.00	6626.05	110.43
Nov	585.99	203.24	23.43	62.66	133.73	965.33	1577.48	1591.84	1306.75	0.00	6450.45	107.51
Dic	615.93	220.26	25.28	45.72	138.11	977.33	1648.09	1550.87	1300.99	133.38	6655.96	110.93
TOTAL	7134.68	2491.18	285.92	575.39	1487.20	11017.45	19042.79	18505.29	15214.15	912.12	76666.17	1277.77
TOTAL HORAS	118.91	41.52	4.77	9.59	24.79	183.62	317.38	308.42	253.57	15.20		

Fuente: La empresa, elaboración propia

En la tabla N°43, se observa que el total del tiempo por reprocesos de los productos no conformes es de 1277.77 horas para 2401 productos no conformes, lo que lleva a un promedio de 0.53 horas de reprocesos por producto no conforme. En la misma tabla se observa que, el mayor tiempo de reprocesos se dan en el punto de control 7 y 8 con 317.38 y 308.42 horas respectivamente, los segundos son el punto de control 9 y 6 con 253.57 y 183.62 horas respectivamente. El último punto de control (10), es el punto de inspección general por lo que para la herramienta de Poka Yoke se considerarán los primeros 9 puntos de control, como se muestra a continuación, en donde NC es no conformidad, se han relacionado las causas y la materia prima, luego se explica el dispositivo de Poka

Yoke que solucionará cada uno de ellos, así como el objetivo, el proceso y la probabilidad de éxito en calidad del 95%, asumiendo un error del 5%.

Tabla N° 44: Relación de no conformidades y Poka Yoke

Leyenda	No Conformidad		Poka Yoke	Objetivo	MEJORA		Cero error	
	Causa	Parte/MP			Proceso		Confiabilidad	
NC1	Mal trazo y corte	madera	Plantilla de medidas	Evitar utilizar la wincha, evitar mal corte	Coloca plantilla antes, durante y después del corte	p=	95%	
NC2	Mal trazo y corte	madera	Plantilla de medidas	Evitar utilizar la wincha, evitar mal corte	Coloca plantilla antes, durante y después del corte	p=	95%	
NC3	Mal acabado de corte	unión	Plantilla de medidas	Evitar utilizar la wincha, evitar mal corte	Coloca plantilla antes, durante y después del corte	p=	95%	
NC4	Mal acabado	estructura	Plantilla estructura por medida	Evitar que se desarme o se pegue mal	Coloca plantilla antes, durante y después de armar estructura	p=	95%	
NC5	Mal lijado	estructura	Explicar/publicar proceso en estación	Evitar lijar en contra de la veta	Operario capacitado y tiene las instrucciones en su estación	p=	95%	
NC6	Mal pegado	estructura y trupán	Plantilla estructura por medida	Evitar pegar mal de estructura y trupán	Operario coloca estructura y trupán, aplica pegamento	p=	95%	
NC7	Mal secado	empastado	Explicar/publicar proceso en estación	Evitar mal empaste	Operario capacitado y tiene las instrucciones en su estación	p=	95%	
NC8	Mal pintado	primera base	Explicar/publicar proceso en estación	Evitar fallas, marcas y errores en pintado	Operario capacitado y tiene las instrucciones en su estación	p=	95%	
NC9	Mal pintado	pintado final	Explicar/publicar proceso en estación	Evitar fallas, marcas y errores en pintado	Operario capacitado y tiene las instrucciones en su estación	p=	95%	

Elaboración propia

El diseño de cada uno de los Poka Yokes es como sigue:

Gestión de procesos de las actividades de producción

Poka Yoke para No conformidad 1, 2 y 3:

La primera no conformidad se origina por la medición manual de cada una de las piezas con wincha de las piezas o listones en bruto, lo cual retrasa la producción y por ende la entrega de los productos terminados, la segunda no conformidad es también de corte y trazo de las piezas y la tercera no conformidad se refiere al corte de las uniones. Por lo que, se diseña una plantilla con la medida exacta del tamaño de cada una de las partes del lote de marcos que se producirá así como para las uniones (extremos corte de 45°). De esta manera, el operario, coloca la plantilla por encima de la madera y realiza el corte, reduciendo el tiempo de producción, como se muestra a continuación:

Figura N° 47: Poka Yoke para No conformidad 1, 2 y 3

Elaboración propia

El proceso para esta actividad será:

1. Toma madera y plantilla
2. Coloca plantilla
3. Corta
4. Coloca piezas en contenedor.

Este procedimiento se colocará en las tres estaciones de trabajo, de tal manera que los operarios procedan con cada uno de los procedimientos.

Poka Yoke para No conformidad 4:

La no conformidad 4, se refiere al mal armado de la estructura por lo que se harán moldes con aberturas en las esquinas de los tamaños que la empresa comercializa, el molde son cuatro maderas clavadas y pegadas en una base, con el motivo de que en el momento de armar las piezas en una única estructura no se muevan y calcen rápidamente, sin tener que utilizar otra clase de sujetadores, como se muestra a continuación, y así eliminar el armado manual:

Figura N° 48: Poka Yoke para No conformidad 4

Elaboración propia

El procedimiento de esta actividad:

1. Toma las piezas y las coloca en el molde requerido
2. Arma la estructura sólo clavando.

Este procedimiento se colocará en la estación de trabajo, de tal manera que los operarios procedan con dicha producción a prueba de errores.

Poka Yoke para No conformidad 5:

La causa de la no conformidad es el mal lijado, es decir que el operario, ya sea de manera manual o con una lijadora, no lija en dirección de la veta de la madera, dejando un lijado disparejo, que cuando se pinta la estructura del marco, resalta las rayas del lijado. Por lo que se colocará el siguiente afiche en la estación de trabajo:

Figura N° 49: Poka Yoke para No conformidad 5

Elaboración propia

El procedimiento de esta actividad:

1. Toma estructura
2. Toma lijadora o lija (manual)
3. Lija con dirección de la veta

Este procedimiento se colocará en la estación de trabajo, de tal manera que los operarios procedan con dicha producción a prueba de errores.

Poka Yoke para No conformidad 6:

El motivo de lo que genera la no conformidad 6, se refiere al mal pegado del trupán con la estructura, por lo que de igual manera se utiliza un molde de los diferentes tamaños de los marcos que comercializa la empresa. De esta forma, la estructura no se mueve y no requiere de otros sujetadores, colocando fácilmente el trupán y poder pegarlo, como se muestra a continuación, el armazón se ha hecho sobre una base y se ha colocado cuatro topes a los costados de tal forma que la estructura calce y se pueda pegar con facilidad el trupán:

Figura N° 50: Poka Yoke para No conformidad 6

Elaboración propia

El procedimiento de esta actividad:

1. Toma estructura y coloca sobre molde de estructura
2. Toma trupán, coloca pegamento
3. Coloca trupán con pegamento en estructura con poka yoke.

Este procedimiento se colocará en la estación de trabajo, de tal manera que los operarios procedan con dicha producción a prueba de errores.

Poka Yoke para No conformidad 7:

El motivo de lo que genera la no conformidad 7, se refiere al mal empastado y masillado de la estructura para cubrir las fallas naturales de la madera, por lo que de igual manera se utiliza un molde de diferentes tamaños de los marcos que comercializa la empresa. De esta forma, la estructura no se mueve y no requiere de otros sujetadores, colocando fácilmente el empaste, el armazón se ha hecho sobre una base y se ha colocado cuatro topes a los costados de tal forma que la estructura calce y se pueda empastar fácilmente:

Figura N° 51: Poka Yoke para No conformidad 7

Elaboración propia

La figura 51 no muestra el molde de sujeción, el cual es igual al de la figura 50, la figura 51, muestra la forma correcta de empastado o masillado.

El procedimiento de esta actividad:

1. Coloca estructura sobre molde de estructura
2. Toma empaste
3. Empasta con procedimiento en estación.

Este procedimiento se colocará en la estación de trabajo, de tal manera que los operarios procedan con dicha producción a prueba de errores.

Poka Yoke para No conformidad 8 y 9:

La causa raíz que originan las conformidades 8 y 9, es el mal procedimiento de pintado. En el proceso actual se coloca sobre la misma mesa de trabajo, sin embargo, esta estación,

debe ser diferente a todas las demás cerca a todos los materiales de pintado, en donde se colocarán bancos simples, en donde se colocarán los marcos semi terminados y se pintarán para la primera y segunda base, como se muestra a continuación:

Figura N° 52: Poka Yoke para No conformidad 8 y 9

Elaboración propia

El procedimiento de estas dos actividades es como sigue:

1. Coloca estructura sobre los bancos de pintado (sin contaminación)
2. Prepara pintura y pistola de pintura
3. Pinta

Este procedimiento se colocará en la estación de trabajo, de tal manera que los operarios procedan con dicha producción a prueba de errores.

Tiempos de Poka Yoke

A continuación, se muestra los tiempos de los procesos actuales y mejora para cada una de las actividades que originan las no conformidades. De acuerdo con los autores Kumar, S., Dhingra, A. K., y Singh, B. (2018) en su investigación “Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India” al utilizar Poka yoke reducen de 41 a 14 segundos una actividad, equivalente a una reducción de 66%.

En la presente investigación se ha logrado una reducción en el tiempo máxima del 49.34% para la actividad para reducir el tiempo de la actividad de corte y trazado (NC2) y el menor de 5.91% para la actividad de lijado manual, por lo que se encuentra en el rango del estudio indicado.

A continuación, se presentan los tiempos de cada una de las actividades en donde se ha aplicado Poka Yoke, con el objetivo de reducir o eliminar las no conformidades y por ende reduce el tiempo de cada una de las actividades, por ejemplo en la primera actividad en donde se aplica el Poka Yoke, se reduce de 4.70 a 2.42 minutos por marco, reduciéndose el 48.54%:

Tabla N° 45: Procedimientos de las actividades en donde se aplica Poka Yoke, Actual vs. Mejora

NC1		
Actual 4 partes (1 estructura)		Mejora 4 partes (1 estructura)
Toma madera	0.67	Toma madera 0.67
Mide y marca	2.70	Coloca plantilla 0.42
Corta	1.00	Corta 1.00
Coloca piezas cortadas en contenedor	0.33	Coloca piezas cortadas en contenedor 0.33
	4.70	2.42
		48.54%
NC2		
Actual 4 partes (1 estructura)		Mejora 4 partes (1 estructura)
Toma madera	0.67	Toma madera 0.67
Mide y marca	2.77	Coloca plantilla 0.42
Corta	1.00	Corta 1.00
Coloca piezas cortadas en contenedor	0.33	Coloca piezas cortadas en contenedor 0.33
	4.77	2.42
		49.34%
NC3		
Actual 4 partes (1 estructura)		Mejora 4 partes (1 estructura)
Toma madera	0.33	Toma madera 0.33
Mide y marca	0.53	Coloca plantilla 0.27
Corta	0.27	Corta 0.27
Coloca piezas cortadas en contenedor	0.15	Coloca piezas cortadas en contenedor 0.15
	1.28	1.02
		20.63%
NC4		
Actual 4 partes (1 estructura)		Mejora 4 partes (1 estructura)
Toma piezas	0.50	Toma piezas y coloca sobre molde de estructura 0.83
Presenta piezas	0.95	Coloca clavos para ensamblaje 1.12
Sujeta piezas	0.92	
Coloca clavos para ensamblaje	1.12	
	3.49	1.95
		43.99%
NC5		
Actual 4 partes (1 estructura)		Mejora 4 partes (1 estructura)
Toma estructura	0.17	Toma estructura 0.17
Toma lijadora	0.33	Toma lijadora 0.33
Lija hacia cualquier dirección	1.01	Lija con dirección de la veta 0.92
	1.51	1.42
		5.91%
NC6		
Actual 4 partes (1 estructura)		Mejora 4 partes (1 estructura)
Toma estructura sobre la mesa de trabajo	0.17	Toma estructura y coloca sobre molde de estructura 0.42
Toma trupán y presenta en estructura	0.95	Toma trupán, coloca pegamento 0.97
Toma trupán, coloca pegamento	0.97	Coloca trupán con pegamento en estructura con poka yoke 0.58
Coloca trupán con pegamento en estructura	0.91	
	2.99	1.97
		34.29%
NC7		
Actual 4 partes (1 estructura)		Mejora 4 partes (1 estructura)
Coloca estructura sobre la mesa de trabajo	0.95	Coloca estructura sobre molde de estructura 0.42
Sujeta estructura	0.33	Toma empaste 0.97
Toma empaste	0.97	Empasta con procedimiento en estación 2.25
Empasta	2.72	
	4.97	3.63
		26.85%
NC8 & NC9		
Actual 4 partes (1 estructura)		Mejora 4 partes (1 estructura)
Limpia mesa (utiliza la misma mesa para ensamblaje)	0.08	Coloca estructura sobre los bancos de pintado (sin contaminación) 0.08
Coloca estructura sobre la mesa de trabajo	0.15	Prepara pintura y pistola de pintura 0.18
Prepara pintura y pistola de pintura	0.18	Pinta 1.09
Pinta	1.09	
	1.51	1.36
		9.96%

Elaboración propia

Por lo tanto, al comparar, los DAP al implementar JIT vs JIT y Poka Yoke, se reduce el tiempo de 95.58 a 85.91 minutos por marco, como se muestra a continuación:

Tabla N° 46: DAP JIT vs. DAP JIT-POKA YOKE

DAP		JIT		OPERARIO MATERIAL EQUIPO		RESUMEN		ACTUAL		PROPUESTA		ECONOMÍA	
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS		Hoja num: 01/04				Objeto:							
Actividad: Fabricación de Marcos						Operación		21					
Espera						Transporte		11					
Método: Actual						Inspección		9					
Lugar: Planta de fabricación						Almacenamiento		10					
Operarios(s):		Ficha num:				Distancia		2					
Compuesto por: D. Requena		Fecha: 17-02-2018				Tiempo		32.31					
Aprobado por: D. Requena		Fecha: 17-02-2018						95.58					
DESCRIPCIÓN	Op	re	D (m)	T (min)	SÍMBOLO	Observaciones							
Recoger Materia prima de Almacén	1			3.99	○								
Trasladar Materia prima a planta	1		7.83	2.01	□								
Cortar madera (Manual)	1		5.00	4.70	□								
Trasladar Madera para cepillado	1		3.33	0.27	□								
Cepillar madera	1		2.00	1.73	□								
Trasladar la madera para corte y trazo	1		3.33	0.27	□								
Cortar y trazar madera	1		5.00	4.77	□								
Trasladar la madera para moldeado	1		2.58	0.22	□								
Moldear madera para el encajonado de fondo	1		1.50	1.28	□								
Trasladar madera moldeada	1		2.58	0.21	□								
Finalizar corte de madera para uniones	1		1.50	1.28	□								
Trasladar madera para lijado	1		2.58	0.21	□								
Lijar estructura del marco	1		2.00	1.79	□								
Trasladar estructura del marco para armado	1		2.25	0.18	□								
Armar estructura del marco	2		7.00	3.49	□								
Trasladar para corte de Trupan	1		0.60	0.05	□								
Cortar Trupan	2		8.00	3.97	□								
Trasladar trupan para cuadrar esquinas	1		0.60	0.05	□								
Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)	1		1.99		□								
Lijar trupan (Manual)	1		1.50		□								
Lijar estructura del marco a mano (Manual)	1		1.51		□								
Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)	1		3.97		□								
Pasar el pegamento a trupan (Manual)	1		5.00		□								
Dejar secar pegamento de trupan	2		2.98		□								
Pegar trupan y la estructura (Manual)	2		2.99		□								
Trasladar el trupan para el lijado	1		2.25	0.19	□								
Lijado en la máquina por los lados del marco	1		5.00	4.82	□								
Trasladar el trupan para lijado a mano	1		2.25	0.19	□								
Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)	1		3.01		□								
Empastar marco para cerrar porosidad de la madera	3		4.97		□								
Dejar secar empastado (espera)	1		4.00		□								
Inspección de secado	1		1.00		□								
Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)	1		4.00		□								
Pintar primera base (Manual)	1		1.51		□								
Dejar secar pintado primera base (Manual)	2		4.49		□								
Inspección de secado de pintura primera base	1		0.99		□								
Pintar Segunda base (Manual)	1		1.50		□								
Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)	2		5.01		□								
Pintado final (Manual - Espera)	1		1.99		□								
Dejar secar pintado final (Manual - Espera)	2		4.50		□								
Inspección de pintado final	1		1.00		□								
Trasladar al almacén de APT	1		3.00	1.00	□								
Almacenaje de productos terminados	1		1.00		□								
Total	52		32.31	95.58	21	11	5	10	2				

DAP		JIT Y POKA YOKE		OPERARIO MATERIAL EQUIPO		RESUMEN		ACTUAL		PROPUESTA		ECONOMÍA	
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS		Hoja num: 01/04				Objeto:							
Actividad: Fabricación de Marcos						Operación		21					
Espera						Transporte		11					
Método: Actual						Inspección		9					
Lugar: Planta de fabricación						Almacenamiento		10					
Operarios(s):		Ficha num:				Distancia		2					
Compuesto por: D. Requena		Fecha: 17-02-2018				Tiempo		32.31					
Aprobado por: D. Requena		Fecha: 17-02-2018						85.91					
DESCRIPCIÓN	Op	re	D (m)	T (min)	SÍMBOLO	Observaciones							
Recoger Materia prima de Almacén	1			3.99	○								
Trasladar Materia prima a planta	1		7.83	2.01	□								
Cortar madera (Manual)	1		5.00	2.42	□								
Trasladar Madera para cepillado	1		3.33	0.27	□								
Cepillar madera	1		2.00	1.73	□								
Trasladar la madera para corte y trazo	1		3.33	0.27	□								
Cortar y trazar madera	1		5.00	2.42	□								
Trasladar la madera para moldeado	1		2.58	0.22	□								
Moldear madera para el encajonado de fondo	1		1.50	1.28	□								
Trasladar madera moldeada	1		2.58	0.21	□								
Finalizar corte de madera para uniones	1		1.50	1.02	□								
Trasladar madera para lijado	1		2.58	0.21	□								
Lijar estructura del marco	1		2.00	1.79	□								
Trasladar estructura del marco para armado	1		2.25	0.18	□								
Armar estructura del marco	2		7.00	1.95	□								
Trasladar para corte de Trupan	1		0.60	0.05	□								
Cortar Trupan	2		8.00	3.97	□								
Trasladar trupan para cuadrar esquinas	1		0.60	0.05	□								
Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)	1		1.99		□								
Lijar trupan (Manual)	1		1.50		□								
Lijar estructura del marco a mano (Manual)	1		1.42		□								
Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)	1		3.97		□								
Pasar el pegamento a trupan (Manual)	1		5.00		□								
Dejar secar pegamento de trupan	2		2.98		□								
Pegar trupan y la estructura (Manual)	2		1.97		□								
Trasladar el trupan para el lijado	1		2.25	0.19	□								
Lijado en la máquina por los lados del marco	1		5.00	4.82	□								
Trasladar el trupan para lijado a mano	1		2.25	0.19	□								
Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)	1		3.01		□								
Empastar marco para cerrar porosidad de la madera	3		4.97		□								
Dejar secar empastado (espera)	1		4.00		□								
Inspección de secado	1		1.00		□								
Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)	1		4.00		□								
Pintar primera base (Manual)	1		1.36		□								
Dejar secar pintado primera base (Manual)	2		4.49		□								
Inspección de secado de pintura primera base	1		0.99		□								
Pintar Segunda base (Manual)	1		1.50		□								
Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)	2		5.01		□								
Pintado final (Manual - Espera)	1		1.36		□								
Dejar secar pintado final (Manual - Espera)	2		4.50		□								
Inspección de pintado final	1		1.00		□								
Trasladar al almacén de APT	1		3.00	1.00	□								
Almacenaje de productos terminados	1		1.00		□								
Total	52		32.31	85.91	21	11	5	10	2				

Elaboración propia

Sin embargo, como la herramienta Poka Yoke es también el control de calidad de cada uno de los operarios por sus propios productos, estos no deben dejar pasar no conformidades a la siguiente actividad, se eliminan los puntos de control de inspección, sólo permanecerá el último (10), como se muestra a continuación el nuevo DAP, reduciéndose de 85.91 a 83.92 minutos por marco.

Tabla N° 47: DAP final JIT Poka Yoke

DAP												
JIT Y POKA YOKE												
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS			OPERARIO, MATERIAL, EQUIPO									
DIAGRAMA núm: Hoja num: 01/04			RESUMEN									
Objeto:			ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA			ECONOMÍA				
Actividad: Fabricación de Marcos			Operación	○	21							
Método: Actual			Transporte	□	12							
Lugar: Planta de fabricación			Espera	D	5							
Operarios(s): Ficha num:			Inspección	□	1							
Compuesto por: D. Requena Fecha: 17-02-2018			Almacenamiento	▽	2							
Aprobado por: D. Requena Fecha: 17-02-2018			Distancia		32.31							
			Tiempo		83.92							
DESCRIPCIÓN			Op re	D (m)	T (min)	SIMBOLO						
Recoger Materia prima de Almacén			1		3.99	○	□	D	▽	Observaciones		
Trasladar Materia prima a planta			1	7.83	2.01	x						
Cortar madera (Manual)			1	5.00	2.42	x				NC1	POKA YOKE	
Trasladar Madera para cepillado			1	3.33	0.27	x						
Cepillar madera			1	2.00	1.73	x						
Trasladar la madera para corte y trazo			1	3.33	0.27	x						
Cortar y trazar madera			1	5.00	2.42	x				NC2	POKA YOKE	
Trasladar la madera para moldeado			1	2.58	0.22	x						
Moldear madera para el encajonado de fondo			1	1.50	1.28	x						
Trasladar madera moldeada			1	2.58	0.21	x						
Finalizar corte de madera para uniones			1	1.50	1.02	x				NC3	POKA YOKE	
Trasladar madera para lijado			1	2.58	0.21	x						
Lijar estructura del marco			1	2.00	1.79	x						
Trasladar estructura del marco para armado			1	2.25	0.18	x						
Armar estructura del marco			2	7.00	1.95	x				NC4	POKA YOKE	
Trasladar para corte de Trupan			1	0.60	0.05	x						
Cortar Trupan			2	8.00	3.97	x						
Trasladar trupan para cuadrar esquinas			1	0.60	0.05	x						
Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)			1		1.99	x						
Lijar trupan (Manual)			1		1.50	x						
Lijar estructura del marco a mano (Manual)			1		1.42	x				NC5	POKA YOKE	
Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)			1		3.97	x						
Pasar el pegamento a trupan (Manual)			1		5.00	x						
Dejar secar pegamento de trupan			2		2.98	x						
Pegar trupan y la estructura (Manual)			2		1.97	x				NC6	POKA YOKE	
Trasladar el trupan para el lijado			1	2.25	0.19	x						
Lijado en la máquina por los lados del marco			1	5.00	4.82	x						
Trasladar el trupan para lijado a mano			1	2.25	0.19	x						
Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)			1		3.01	x						
Empastar marco para cerrar porosidad de la madera			3		3.63	x				NC7	POKA YOKE	
Dejar secar empastado (espera)			1		4.00	x						
Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)			1		4.00	x						
Pintar primera base (Manual)			1		1.36	x				NC8	POKA YOKE	
Dejar secar pintado primera base (Manual)			2		4.49	x						
Pintar Segunda base (Manual)			1		1.50	x						
Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)			2		5.01	x						
Pintado final (Manual - Espera)			1		1.36	x				NC9	POKA YOKE	
Dejar secar pintado final (Manual - Espera)			2		4.50	x						
Inspección final			1		1.00	x						
Trasladar al almacén de APT			1	3.00	1.00	x						
Almacenaje de productos terminados			1		1.00	x						
Total			50	32.31	83.92	21	12	5	1	2		

Elaboración propia

En la tabla N°47, se muestra el último DAP elaborado, eliminando todas las actividades de inspección, salvo la última, el cual genera el siguiente diagrama de flujo:

Figura N° 53: Diagrama de Flujo de mejora

Elaboración propia

En el diagrama de flujo se ha retirado los puntos de inspección, ya que se encuentran bajo la responsabilidad de cada uno de los operarios, con los procedimientos Poka Yoke, reduciendo así los productos no conformes, sólo se realiza una inspección final, el cual debe ser mínimo de merma y que se puede reutilizar. Por lo tanto, el nuevo balance de línea sólo requiere 9 operarios y no 10, y la nueva distribución es como sigue:

Tabla N° 48: Nivelación de línea JIT y Poka Yoke

N°	Actividades	Operarios																													
		Actual								Mejora JIT										Mejora JIT y Poka Yoke											
		OP	1	2	3	4	5	6	7	8	OP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	OP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Recoger Materia prima de Almacén	1	X								1	X										1	X								
2	Trasladar Materia prima a planta	1	X								1	X										1	X								
3	Cortar madera (Manual)	1		X							1		X									1		X							
4	Trasladar Madera para cepillado	1	X								1	X										1	X								
5	Cepillar madera	1			X						1			X								1			X						
6	Trasladar la madera para corte y trazo	1	X								1	X										1	X								
7	Cortar y trazar madera	1		X							1		X									1		X							
8	Trasladar la madera para moldeado	1	X								1	X										1	X								
9	Moldear madera para el encajonado de fondo	1				X					1			X								1				X					
10	Trasladar madera moldeada	1	X								1	X										1	X								
11	Finalizar corte de madera para uniones	1		X							1		X									1		X							
12	Trasladar madera para lijado	1	X								1	X										1	X								
13	Lijar estructura del marco	1				X					1				X							1					X				
14	Trasladar estructura del marco para armado	1	X								1	X										1	X								
15	Armar estructura del marco	1					X				2					X				X		2					X				X
16	Trasladar para corte de Trupan	1	X								1	X										1	X								
17	Cortar Trupan	1		X							2		X							X		2		X							X
18	Trasladar trupan para cuadrar esquinas	1	X								1	X										1	X								
19	Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)	1						X			1						X					1							X		
20	Lijar trupan (Manual)	1				X					1					X						1					X				
21	Lijar estructura del marco a mano (Manual)	1				X					1				X							1					X				
22	Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)	1							X		1								X			1							X		
23	Pasar el pegamento a trupan (Manual)	1							X		1								X			1								X	
24	Dejar secar pegamento de trupan	1	X								2	X									X	2	X						X		
25	Pegar trupan y la estructura (Manual)	1						X			2								X	X		2							X	X	
26	Trasladar el trupan para el lijado	1	X								1	X										1	X								
27	Lijado en la máquina por los lados del marco	1				X					1				X							1					X				
28	Trasladar el trupan para lijado a mano	1	X								1	X										1	X								
29	Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)	1						X			1							X				1			X						
30	Empastar marco para cerrar porosidad de la madera	1						X			3							X	X	X		3						X	X	X	
31	Dejar secar empastado (espera)	1	X								1	X										1	X								
32	Inspección de secado	1		X							1		X									1									
33	Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)	1							X		1								X	X		1				X					
34	Pintar primera base (Manual)	1			X						1			X								1				X					
35	Dejar secar pintado primera base (Manual)	1	X								2	X				X						2	X					X			
36	Inspección de secado de pintura primera base	1						X			1							X				1									
37	Pintar Segunda base (Manual)	1				X					1			X								1				X					
38	Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)	1	X								2	X		X								2	X			X					
39	Pintado final (Manual - Espera)	1					X				1						X					1							X		
40	Dejar secar pintado final (Manual - Espera)	1	X								2	X									X	2	X					X			
41	Inspección de pintado final	1						X			1								X			1							X		
42	Trasladar al almacén de APT	1	X								1	X										1	X								
43	Almacenaje de productos terminados	1			X						1			X								1			X						
TOTAL			18	5	3	2	4	2	3	6	18	5	3	3	4	3	3	6	4	4	4	18	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Elaboración propia

Por lo tanto, en la tabla N° 48, se muestra que un operario se encarga de todos los traslados de una actividad a otra, y todos los demás operarios realizan 4 actividades cada uno de ellos, la línea de producción se ha nivelado, por lo que el tiempo de línea ha disminuido de 640.78 a 250.3 minutos por marco como se muestra a continuación:

Tabla N° 49: Nivelación de línea JIT y Poka Yoke

	Descripción	Actual Tiempo	It 1 Min	Mejora 1 JIT		Mejora 2 Jit y Poka		
				Op	Min	Op	Min	
1 #001	Recoger Materia prima de Almacén	3.991	3.99	1	3.99	1	3.99	1
2 #002	Trasladar Materia prima a planta	2.009	2.01	1	2.01	1	2.01	1
3 #003	Cortar madera (Manual)	4.696	4.70	1	4.70	1	2.42	1
4 #004	Trasladar Madera para cepillado	0.275	0.27	1	0.27	1	0.27	1
5 #005	Cepillar madera	1.731	1.73	1	1.73	1	1.73	1
6 #006	Trasladar la madera para corte y trazo	0.274	0.27	1	0.27	1	0.27	1
7 #007	Cortar y trazar madera	4.771	4.77	1	4.77	1	2.42	1
8 #008	Trasladar la madera para moldeado	0.216	0.22	1	0.22	1	0.22	1
9 #009	Moldear madera para el encajonado de fondo	1.281	1.28	1	1.28	1	1.28	1
10 #010	Trasladar madera moldeada	0.214	0.21	1	0.21	1	0.21	1
11 #011	Finalizar corte de madera para uniones	1.281	1.28	1	1.28	1	1.02	1
12 #012	Trasladar madera para lijado	0.215	0.21	1	0.21	1	0.21	1
13 #013	Lijar estructura del marco	1.795	1.79	1	1.79	1	1.79	1
14 #014	Trasladar estructura del marco para armado	0.183	0.18	1	0.18	1	0.18	1
15 #015	Armar estructura del marco	6.971	6.97	1	3.49	2	1.95	2
16 #016	Trasladar para corte de Trupan	0.050	0.05	1	0.05	1	0.05	1
17 #017	Cortar Trupan	7.939	7.94	1	3.97	2	3.97	2
18 #018	Trasladar trupan para cuadrar esquinas	0.050	0.05	1	0.05	1	0.05	1
19 #019	Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)	1.990	1.99	1	1.99	1	1.99	1
20 #020	Lijar trupan (Manual)	1.497	1.50	1	1.50	1	1.50	1
21 #021	lijar estructura del marco a mano (Manual)	1.506	1.51	1	1.51	1	1.42	1
22 #022	Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)	3.970	3.97	1	3.97	1	3.97	1
23 #023	Pasar el pegamento a trupan (Manual)	4.997	5.00	1	5.00	1	5.00	1
24 #024	Dejar secar pegamento de trupan	5.969	5.97	1	2.98	2	2.98	2
25 #025	Pegar trupan y la estructura (Manual)	5.986	5.99	1	2.99	2	1.97	2
26 #026	Trasladar el trupan para el lijado	0.189	0.19	1	0.19	1	0.19	1
27 #027	Lijado en la máquina por los lados del marco	4.821	4.82	1	4.82	1	4.82	1
28 #028	Trasladar el trupan para lijarse a mano	0.185	0.19	1	0.19	1	0.19	1
29 #029	Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)	3.010	3.01	1	3.01	1	3.01	1
30 #030	Empastar marco para cerrar porosidad de la madera	14.902	14.90	1	4.97	3	3.63	3
31 #031	Dejar secar empastado (espera)	4.004	4.00	1	4.00	1	4.00	1
32 #032	Inspección de secado	1.000	1.00	1	1.00	1		
33 #033	Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)	3.999	4.00	1	4.00	1	4.00	1
34 #034	Pintar primera base (Manual)	1.506	1.51	1	1.51	1	1.36	1
35 #035	Dejar secar pintado primera base (Manual)	8.971	8.97	1	4.49	2	4.49	2
36 #036	Inspección de secado de pintura primera base	0.988	0.99	1	0.99	1		
37 #037	Pintar Segunda base (Manual)	1.503	1.50	1	1.50	1	1.50	1
38 #038	Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)	10.012	10.01	1	5.01	2	5.01	2
39 #039	Pintado final (Manual - Espera)	1.994	1.99	1	1.99	1	1.36	1
40 #040	Dejar secar pintado final (Manual - Espera)	8.992	8.99	1	4.50	2	4.50	2
41 #041	Inspección de pintado final	1.000	1.00	1	1.00	1	1.00	1
42 #042	Trasladar al almacén de APT	0.998	1.00	1	1.00	1	1.00	1
43 #043	Almacenaje de productos terminados	1.000	1.00	1	1.00	1	1.00	1
Tiempo total de la actividad		132.93	132.93	132.93	116.05			
Ciclo de control			14.90	5.01	5.01			
No de Operarios			43.00	52.00	50.00			
Tiempo de línea			640.78	260.3	250.3			

Elaboración propia

En la tabla N°49, se muestra que el tiempo de línea se ha reducido de 640.78 minutos con 43 actividades a 250.30 minutos con 50 actividades. Por lo tanto, los ahorros se muestran a continuación:

Tabla N° 50: Ahorros por la implementación de JIT y Poka Yoke

Ahorros		
Costo HH	S/	4.58
Actual		
Total de actividades		43.00
Operarios		8
Tiempo de línea - minutos		640.78
Producción		15330
Total tiempo - horas		163719.65
Total	S/	749,017.39
Mejora		
Total actividades		50.00
Operarios		9
Tiempo de línea - minutos		250.31
Producción		17976
Total tiempo - horas		74993.21
Total Soles	S/	343,093.95
Ahorros - Mano de Obra		S/ 405,923.44

Elaboración propia

En la tabla N°50 se calculan los ahorros de mano de obra, en el proceso actual al considerar un tiempo de línea de 640.78 minutos y 8 operarios, es de S/749,017.39 y al implementar JIT y Poka Yoke se incrementa a 50 actividades, 9 operarios y se reduce a un tiempo de línea de 250.31 minutos es de S/343,093.95, por lo que los ahorros son de S/405,923.44.

La inversión por otro lado incluye las aplicaciones de VSM, JIT y Poka Yoke así como las conexiones con la base de datos para poder tener un control en tiempo real de los posibles problemas y tener una solución inmediata, también se incluyen las capacitaciones de las herramientas.

La inversión de capacitación es por un total de S/194,859.38 incluyendo las horas extra por la participación de cada operario en las clases, ya que éstas deben ser fuera de horario de trabajo para no interrumpir la producción. Y la inversión total por tangibles (aplicaciones de las herramientas) es de S/177,250, como se muestra a continuación:

Tabla N° 51: Inversión de Lean Manufacturing

Inversión			
Capacitación	Horas/part	Costo Hr	
Clases			
JIT Análisis demanda		45 S/	65.00
JIT Balance de línea		45 S/	65.00
Optimización de producción		55 S/	65.00
SS		25 S/	65.00
Poka Yoke		25 S/	65.00
VSM		15 S/	65.00
DAP		15 S/	65.00
Procesos		17 S/	65.00
Lean manufacturing - Introducción		8 S/	65.00
Horas extra por capacitación			
Hora extra (de acuerdo con ley - 25% 2 horas diarias)		S/	5.72
Operarios	34		
Total capacitación			
		S/	146,250.00
Total horas extras por capacitación			
		S/	48,609.38
Total Inversión Capacitación			S/ 194,859.38
Tangibles/Activos Programación Servidor			
Aplicación JIT demanda y balance de línea en tiempo real		S/	15,200.00
Aplicación Optimización de producción en tiempo real		S/	11,700.00
Aplicación SS		S/	8,000.00
Poka Yoke		S/	12,000.00
Aplicación VSM - DAP		S/	2,200.00
Conexión de base de datos		S/	1,500.00
Levantamiento de datos en Access		S/	1,700.00
Repisas en almacén		S/	25,000.00
Arreglos en tiendas		S/	27,550.00
Arreglos en planta (Infraestructura-obras civiles)		S/	50,000.00
Sistema De Extracción De Asrrín Y/O Viruta		S/	20,000.00
Señalíticas		S/	150.00
Pozo Tierra		S/	500.00
Código de barras		S/	250.00
Equipos de lectura de código de barras		S/	1,500.00
Total Tangibles/Activos			
		S/	177,250.00
Total Inversión			
		S/	372,109.38

Elaboración propia

Por lo tanto, el total de inversión es de S/372,109.38 lo cual incluye capacitación e inversión por tangibles en aplicaciones y mobiliario.

Optimización de producción

El objetivo de la optimización es la minimización de los costos de producción. Para el año 2017 es de S/1, 584,169.62, como se muestra a continuación:

Tabla N° 52: Costo total de la producción para el año 2017

Modelo de producción de período múltiple													
Datos													
Inventario en almacén	28	34	25	42	22	32	31	36	30	33	28	29	
Costo de tenencia en % del costo de prod mensual	1.64%												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Costo de producción/unidad	S/ 92.19	S/ 82.69	S/ 90.23	S/ 81.99	S/ 87.32	S/ 88.98	S/ 88.45	S/ 87.64	S/ 91.20	S/ 85.97	S/ 87.27	S/ 84.67	
Plan de producción													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Unidades producidas conformes	1215	1426	1227	1482	1268	1258	1289	1271	1231	1353	1318	1362	
Merma	58	68	69	77	66	64	61	63	61	67	67	67	
Reprocesos	123	150	122	150	129	128	138	127	127	141	136	142	
Unidades producidas total	1396	1644	1418	1709	1463	1450	1488	1461	1419	1561	1521	1571	
	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	
Capacidad de producción	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	
Inventario en mano después de producción	1243	1516	1376	1698	1548	1592	1686	1735	1761	1946	1972	2073	
	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	
Demanda	1187	1392	1202	1440	1246	1226	1258	1235	1201	1320	1290	1333	
Inventario final	56	124	174	258	302	366	428	500	560	626	682	740	
	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	
Capacidad de almacenamiento	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
Resumen de costos													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Costos de producción	S/ 128,700.10	S/ 135,936.11	S/ 127,947.92	S/ 140,119.63	S/ 127,748.90	S/ 129,014.23	S/ 131,609.78	S/ 128,041.11	S/ 129,412.09	S/ 134,193.62	S/ 132,740.57	S/ 133,012.53	S/ 1,578,476.59
Costos de tenencia	S/ 84.52	S/ 167.86	S/ 257.04	S/ 346.31	S/ 431.72	S/ 533.14	S/ 619.75	S/ 717.39	S/ 836.12	S/ 881.03	S/ 974.42	S/ 1,025.73	S/ 6,875.02
Venta merma	S/ 87.00	S/ 102.00	S/ 103.50	S/ 115.50	S/ 99.00	S/ 96.00	S/ 91.50	S/ 94.50	S/ 91.50	S/ 100.50	S/ 100.50	S/ 100.50	S/ 1,182.00
Total	S/ 128,697.62	S/ 136,001.97	S/ 128,101.46	S/ 140,350.44	S/ 128,081.63	S/ 129,451.37	S/ 132,138.03	S/ 128,664.00	S/ 130,156.71	S/ 134,974.15	S/ 133,614.49	S/ 133,937.76	S/ 1,584,169.62

Elaboración propia

El inventario en almacén es de 370 unidades, los cuales son las unidades que se produjeron como inventario de seguridad, estos datos se obtuvieron de la base de datos como se muestra a continuación:

Tabla N° 53: Inventario en almacén 2017

Mes - 2017	Lote req unidades	Inventario en almacén
Ene	1187	28
Feb	1392	34
Mar	1202	25
Abr	1440	42
May	1246	22
Jun	1226	32
Jul	1258	31
Ago	1235	36
Set	1201	30
Oct	1320	33
Nov	1290	28
Dic	1333	29
TOTAL	15330	370

Fuente: La empresa, elaboración propia

El inventario en almacén no se ha vendido, se ha vendido las 15330 unidades, por lo que se mantuvo el inventario en almacén de 370 unidades. El porcentaje del costo de tenencia en almacén es de 1.64%, se divide el costo mensual de almacenamiento entre las ventas, como se muestra a continuación:

Tabla N° 54: Porcentaje de tenencia de almacenamiento

Por área utilizada			
Costo anual de almacenes		Cant	Unidades
Limpieza y mantenimiento de edificio por área utilizada		S/ 150.00	Soles
Luz		S/ 350.00	Soles
Agua		S/ 225.00	Soles
Teléfono		S/ 325.00	Soles
Internet		S/ 30.00	Soles
Operarios (almacenes y proyecto)		S/ 31,110.00	Soles
			Soles
Total mensual		S/ 32,190.00	Soles
Total anual		S/ 386,280.00	Soles
Demanda anual		S/ 1,966,228.93	
Tasa almacenamiento			
Tasa (soles/unidad)		S/ 0.02	
Porcentaje de total anual tenencia almacén vs. demanda		19.65%	
Porcentaje de total mensual tenencia almacén vs. demanda		1.64%	

Fuente: La empresa, elaboración propia

En la tabla N°52 se muestra el costo unitario de la producción de cada marco, lo cual se muestra a continuación:

Tabla N° 55: Costo de producción por unidad año 2017

Mes	Costo producción/unidad			
	Materia prima	costo plant	Salarios	Total
Ene	S/ 38.86	S/ 27.12	S/ 26.21	S/ 92.19
Feb	S/ 37.21	S/ 23.13	S/ 22.35	S/ 82.69
Mar	S/ 37.57	S/ 26.78	S/ 25.88	S/ 90.23
Abr	S/ 38.03	S/ 22.35	S/ 21.60	S/ 81.99
May	S/ 36.52	S/ 25.83	S/ 24.97	S/ 87.32
Jun	S/ 37.34	S/ 26.26	S/ 25.38	S/ 88.98
Jul	S/ 38.13	S/ 25.59	S/ 24.73	S/ 88.45
Ago	S/ 36.38	S/ 26.06	S/ 25.19	S/ 87.64
Set	S/ 38.49	S/ 26.80	S/ 25.90	S/ 91.20
Oct	S/ 38.01	S/ 24.39	S/ 23.57	S/ 85.97
Nov	S/ 38.20	S/ 24.95	S/ 24.12	S/ 87.27
Dic	S/ 37.18	S/ 24.15	S/ 23.34	S/ 84.67

Fuente: La empresa, elaboración propia

En la tabla N°55, se observa que para el costo de producción se toma el costo de materia prima, los sueldos y los costos de planta por unidad, siendo el costo más alto el del mes de enero de 2017, de S/92.19 por unidad.

En la tabla N°52, se indica la producción de unidades conformes lo que incluye el inventario en almacén o de seguridad como se muestra a continuación:

Tabla N° 56: Producción total de productos conformes - 2017

	2017 prod	Inv Seg	Prod total
Ene	1187	28	1215
Feb	1392	34	1426
Mar	1202	25	1227
Abr	1440	42	1482
May	1246	22	1268
Jun	1226	32	1258
Jul	1258	31	1289
Ago	1235	36	1271
Set	1201	30	1231
Oct	1320	33	1353
Nov	1290	28	1318
Dic	1333	29	1362

Fuente: La empresa, elaboración propia

En la tabla N°52, también se especifica el total mensual de unidades de merma y por reprocesos, como se muestra a continuación en la tabla N°57:

Tabla N° 57: Unidades por merma y reprocesos

Row Labels	Total merma en unidades	Total unidades en reprocesos
Ene	58	123
Feb	68	150
Mar	69	122
Abr	77	150
May	66	129
Jun	64	128
Jul	61	138
Ago	63	127
Set	61	127
Oct	67	141
Nov	67	136
Dic	67	142
Grand Total	788	1613

Fuente: La empresa, elaboración propia

Se consideran las unidades de merma y de reprocesos por lo que las unidades deben realizarse nuevamente para cubrir la demanda de las tiendas y clientes corporativos.

En la tabla N°52, se identifica la primera restricción de la capacidad de producción de la empresa de 3545 unidades por mes, como se muestra a continuación

Tabla N° 58: Capacidad de producción - 2017

Fabricación por marco	unidad/año	unidad/mes
Capacidad teórica de producción de marcos	42538	3545

Fuente: La empresa, elaboración propia

En la tabla N°52, el inventario en mano se calcula de la producción mensual más el inventario de enero y para los otros meses es la suma de los productos conformes más el inventario final de enero más el inventario en almacén. Estableciéndose la segunda restricción de la demanda mensual. Y el inventario final, se calcula de la resta del inventario en mano menos la demanda, estableciéndose la tercera restricción, la capacidad de almacén es de 150 unidades. En el año 2017, se observa que el inventario final es de 740 unidades, por encima de lo que se puede almacenar. Se debe considerar también que la empresa vende la merma de S/1 por unidad.

Costo de producción año 2018

Para el año 2018, se trabaja con el pronóstico que se calculó con la herramienta JIT, se ha pronosticado los costos y se considera el inventario final de 740 unidades como inventario inicial para el año 2018, como se muestra a continuación:

Tabla N° 59: Costo total de la producción para el año 2018 sin optimización

Modelo de producción de periodo múltiple														
Datos														
Inventario inicial (almacén)		740												
Costo de tenencia en % del costo de prod mensual		1.64%												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Costo de producción/unidad	S/ 84.14	S/ 81.26	S/ 82.25	S/ 80.98	S/ 79.75	S/ 79.42	S/ 80.84	S/ 77.46	S/ 79.86	S/ 78.29	S/ 79.10	S/ 76.53		
Plan de producción														
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Unidades producidas conformes	1459	1445	1452	1495	1518	1516	1524	1563	1598	1581	1586	1619		
Merma	70	69	82	78	79	77	72	77	79	78	81	80		
Reprocesos	148	152	144	151	154	154	163	156	165	165	164	169		
Unidades producidas	1676	1666	1678	1724	1751	1747	1759	1797	1842	1824	1830	1867		
	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=		
Capacidad de producción	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545		
Inventario en mano después de producción	2416	2657	2924	3226	3525	3780	4062	4372	4695	4960	5248	5564		
	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=		
Demanda	1425	1411	1422	1453	1492	1477	1487	1519	1559	1542	1552	1585		
Inventario final	991	1246	1502	1773	2033	2303	2575	2853	3136	3418	3696	3979		
	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=		
Capacidad de almacenamiento	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150		
Resumen de costos														
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	
Costos de producción	S/ 141,054.28	S/ 135,364.27	S/ 138,022.86	S/ 139,609.60	S/ 139,679.29	S/ 138,776.45	S/ 142,218.94	S/ 139,162.94	S/ 147,102.38	S/ 142,801.85	S/ 144,783.56	S/ 142,921.18	S/ 1,691,497.60	
Costos de tenencia	S/ 1,365.64	S/ 1,657.86	S/ 2,022.97	S/ 2,350.94	S/ 2,653.99	S/ 2,994.52	S/ 3,408.39	S/ 3,617.86	S/ 4,100.07	S/ 4,380.98	S/ 4,787.05	S/ 4,985.33	S/ 38,325.61	
Venta merma	S/ 104.47	S/ 103.36	S/ 122.48	S/ 116.51	S/ 118.52	S/ 115.69	S/ 108.18	S/ 116.21	S/ 118.78	S/ 117.44	S/ 120.94	S/ 119.46	S/ 1,382.04	
Total	S/ 142,315.45	S/ 136,918.76	S/ 139,923.35	S/ 141,844.03	S/ 142,214.76	S/ 141,655.29	S/ 145,519.15	S/ 142,664.59	S/ 151,083.67	S/ 147,065.40	S/ 149,449.68	S/ 147,787.04	S/ 1,728,441.17	

Elaboración propia

La tabla N°59 indica que, si la empresa continúa con el mismo método de producción, se extenderá el inventario en almacén, llegando a un inventario final de 3979 unidades, teniendo un costo de producción de S/1,728,441.17, incrementándose del año 2017 en un 8.35% de incremento en costos de producción. Los cálculos de merma y reprocesos se han pronosticado de acuerdo con el proceso de la situación actual de producción, así como el costo de producción como se muestra a continuación:

Tabla N° 60: Cálculos de Costo de producción y unidades de merma y reprocesos – sin optimización

Costo producción/unidad						Unidades	
	Mes	Materia prima	costo plant	Salarios	Total	Merma	Reprocesos
S/ 38.86	Ene	38.86433	23.02598	S/ 22.25	S/ 84.14	70	148
S/ 37.21	Feb	37.21206	22.39755	S/ 21.65	S/ 81.26	69	152
S/ 37.57	Mar	37.56903	22.72327	S/ 21.96	S/ 82.25	82	144
S/ 38.03	Abr	38.03092	21.84117	S/ 21.11	S/ 80.98	78	151
S/ 36.52	May	36.51726	21.9856	S/ 21.25	S/ 79.75	79	154
S/ 37.34	Jun	37.34401	21.39687	S/ 20.68	S/ 79.42	77	154
S/ 38.13	Jul	38.12947	21.71926	S/ 20.99	S/ 80.84	72	163
S/ 36.38	Ago	36.3843	20.88667	S/ 20.19	S/ 77.46	77	156
S/ 38.49	Set	38.49342	21.03518	S/ 20.33	S/ 79.86	79	165
S/ 38.01	Oct	38.0119	20.48179	S/ 19.79	S/ 78.29	78	165
S/ 38.20	Nov	38.20214	20.80021	S/ 20.10	S/ 79.10	81	164
S/ 37.18	Dic	37.18056	20.0121	S/ 19.34	S/ 76.53	80	169

Elaboración propia

Optimización de producción – Inventario de Seguridad - 2018

Por lo tanto, como primer paso de la optimización se debe calcular el inventario de seguridad por medio de la siguiente fórmula y de acuerdo con el pronóstico de la demanda anual para el año 2018.

Inventario de Seguridad	
$IS = Z \cdot \sigma_d (TR\%)$	
En donde	
Z:	Factor de seguridad asociado al nivel de servicios (NS), [adimensional]
σ_d :	Desviación estándar diaria de la demanda, en unidades
TR :	Tiempo de reposición es la demora en llegar un pedido efectuado [días]
N.S. Z	95.00 % Z3 = 1.650
85.00 % Z1 = 1.039	97.00 % Z4 = 1.900
90.00 % Z2 = 1.300	99.00 % Z5 = 2.370

El cálculo del inventario de seguridad requiere la desviación estándar diaria, y se calcula como se muestra a continuación:

Tabla N° 61: Desviación estándar mensual – 2018

Mes	Demanda Mensual	Demanda Diaria	Días mes
Ene	1398	45	31
Feb	1437	51	28
Mar	1417	46	31
Abri	1474	49	30
May	1464	47	31
Jun	1504	50	30
Jul	1482	48	31
Ago	1541	50	31
Sep	1530	51	30
Oct	1572	51	31
Nov	1548	52	30
Dic	1609	52	31
Total	17976	49	365
Desv Std	64		
Desv Std Diaria	4		

Elaboración propia

Por lo tanto, el resultado del inventario de seguridad es 12 unidades al mes:

Tabla N° 62: Cálculo de inventario de seguridad

Mes	Desviación estándar demanda diaria	Inventario de seguridad
		95%
		1.6449
Enero	4	12
Febrero	4	12
Marzo	4	12
Abril	4	12
Mayo	4	12
Junio	4	12
Julio	4	12
Agosto	4	12
Setiembre	4	12
Octubre	4	12
Noviembre	4	12
Diciembre	4	12
Total		144

Elaboración propia

El inventario de seguridad es de 12 unidades/mes, por lo que la producción mensual debe ser:

Tabla N° 63: Demanda de producción – 2018

	Demanda2018	Inv. Seg	Total
Ene	1398	12	1410
Feb	1437	12	1449
Mar	1417	12	1429
Abr	1474	12	1486
May	1464	12	1476
Jun	1504	12	1516
Jul	1482	12	1494
Ago	1541	12	1553
Set	1530	12	1542
Oct	1572	12	1584
Nov	1548	12	1560
Dic	1609	12	1621

Elaboración propia

Se calculó las unidades de merma y de reprocesos como se muestra a continuación

Tabla N° 64: Cálculo de unidades de merma y de reprocesos

Mes	Demanda 2018	Pronóstico reprocesos	Pronóstico merma	Total merma y reprocesos (unidades)	Total Merma y reprocesos después de Poka Yoke	Merma	Reprocesos
Ene	1398	145	68	213	70	22	48
Feb	1437	155	70	225	72	22	49
Mar	1417	144	81	225	71	26	45
Abr	1474	154	79	232	74	25	49
May	1464	152	78	229	73	25	48
Jun	1504	157	79	236	75	25	50
Jul	1482	163	72	234	74	23	51
Ago	1541	158	79	237	77	26	52
Set	1530	162	78	240	77	25	52
Oct	1572	168	80	248	79	25	53
Nov	1548	163	80	244	77	26	52
Dic	1609	171	81	252	80	26	55
	17976	1891	924	2815	899	295	604

Elaboración propia

A continuación, se aplican los valores hallados para calcular el costo de producción sin optimización, reduciendo únicamente el inventario de seguridad, como se muestra a continuación:

Tabla N° 65: Cálculo de costo de producción con inventario de seguridad -2018

Modelo de producción de periodo múltiple													
Datos													
Inventario inicial (almacén)		740											
Costo de tenencia en % del costo de prod mensual		1.64%											
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Costo de producción/unidad	S/ 84.14	S/ 81.26	S/ 82.25	S/ 80.98	S/ 79.75	S/ 79.42	S/ 80.84	S/ 77.46	S/ 79.86	S/ 78.29	S/ 79.10	S/ 76.53	
Plan de producción													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Unidades producidas conformes	1437	1423	1434	1465	1504	1489	1499	1531	1571	1554	1564	1597	
Merma	23	22	26	25	25	25	23	25	25	25	26	25	
Reprocesos	48	49	45	48	49	49	52	51	53	52	52	54	
Unidades producidas	1508	1494	1505	1538	1579	1563	1573	1607	1649	1631	1642	1676	
	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	
Capacidad de producción	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	
Inventario en mano después de producción	2248	2317	2411	2527	2652	2723	2819	2939	3069	3141	3241	3365	
	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	
Demanda	1425	1411	1422	1453	1492	1477	1487	1519	1559	1542	1552	1585	
Inventario final	823	906	989	1074	1160	1246	1332	1420	1510	1599	1689	1780	
	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	
Capacidad de almacenamiento	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
Resumen de costos													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Costos de producción	S/ 126,909.50	S/ 121,360.38	S/ 123,799.23	S/ 124,521.49	S/ 125,894.01	S/ 124,120.26	S/ 127,189.41	S/ 124,470.85	S/ 131,680.89	S/ 127,696.91	S/ 129,860.13	S/ 128,290.25	S/ 1,515,793.31
Costos de tenencia	S/ 1,134.07	S/ 1,204.97	S/ 1,331.67	S/ 1,423.32	S/ 1,514.76	S/ 1,620.08	S/ 1,763.33	S/ 1,801.11	S/ 1,974.52	S/ 2,049.92	S/ 2,187.37	S/ 2,230.62	S/ 20,235.74
Venta merma	S/ 34.25	S/ 33.01	S/ 38.53	S/ 36.98	S/ 37.87	S/ 36.92	S/ 34.19	S/ 37.78	S/ 37.93	S/ 37.26	S/ 38.43	S/ 38.12	S/ 441.26
Total	S/ 128,009.32	S/ 122,532.34	S/ 125,092.37	S/ 125,907.83	S/ 127,370.90	S/ 125,703.42	S/ 128,918.55	S/ 126,234.17	S/ 133,617.48	S/ 129,709.58	S/ 132,009.07	S/ 130,482.75	S/ 1,535,587.78

Elaboración propia

Al comparar la tabla 59 y 64, el costo de producción se redujo de S/1,728,441.17 a S/1,535,587.78, equivalente al 11.16%. Se redujo también el inventario final de 3979 unidades a 1780 unidades, equivalente al 55.26%, bajo las mismas restricciones que se han identificado en la tabla N° 52.

Optimización – Minimización de costo de producción

La optimización del costo de producción tiene el objetivo del planeamiento de producción mensual al reducir el costo de producción, se utilizará la función de SOLVER de Excel. Para la minimización, se colocan las restricciones que se hallaron, en primer lugar se debe minimizar el total de costo de producción, al cambiar las unidades producidas conformes, con la restricción que el inventario en mano sea mayor o igual que la demanda, que las unidades producidas sean menor o igual que la capacidad de producción mensual de la empresa, y por último la restricción que el inventario final sea menor o igual que la capacidad de almacenamiento, como se muestra a continuación:

Figura N° 54: Ventana de Solver y Restricciones

Elaboración propia

Por lo que los resultados, se muestran a continuación:

Tabla N° 66: Optimización de producción – Minimización de costos de producción y planeamiento de producción

Modelo de producción de periodo múltiple													
Datos													
Inventario inicial	740												
Costo de tener	1.64%												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Costo de produ	S/ 84.14	S/ 81.26	S/ 82.25	S/ 80.98	S/ 79.75	S/ 79.42	S/ 80.84	S/ 77.46	S/ 79.86	S/ 78.29	S/ 79.10	S/ 76.53	
Plan de producción													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Unidades prod	614	1340	1351	1380	1417	1553	1263	1593	1331	1465	1474	1506	
Merma	23	22	26	25	25	25	23	25	25	25	26	25	
Reprocesos	48	49	45	48	49	49	52	51	53	52	52	54	
Unidades prod	685	1411	1422	1453	1492	1627	1337	1669	1409	1542	1552	1585	
	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	
Capacidad de p	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	3545	
Inventario en n	1425	1411	1422	1453	1492	1627	1487	1669	1559	1542	1552	1585	
	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	
Demanda	1425	1411	1422	1453	1492	1477	1487	1519	1559	1542	1552	1585	
Inventario fina	0	0	0	0	0	150	0	150	0	0	0	0	
	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	
Capacidad de s	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
Resumen de costos													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Costos de prod	S/ 57,638.47	S/ 114,651.81	S/ 116,964.03	S/ 117,664.61	S/ 118,988.23	S/ 129,216.14	S/ 108,082.12	S/ 129,275.52	S/ 112,519.96	S/ 120,720.56	S/ 122,770.49	S/ 121,305.34	S/ 1,369,797.28
Costos de tener	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 195.03	S/ -	S/ 190.21	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 385.24
Venta merma	S/ 34.25	S/ 33.01	S/ 38.53	S/ 36.98	S/ 37.87	S/ 36.92	S/ 34.19	S/ 37.78	S/ 37.93	S/ 37.26	S/ 38.43	S/ 38.12	S/ 441.26
Total	S/ 57,604.22	S/ 114,618.79	S/ 116,925.51	S/ 117,627.63	S/ 118,950.36	S/ 129,374.26	S/ 108,047.93	S/ 129,427.94	S/ 112,482.03	S/ 120,683.30	S/ 122,732.06	S/ 121,267.23	S/ 1,369,741.26
Año 2017 vs. 2018 optimizado													S/ 214,428.36

Elaboración propia

En el proceso de minimización, se ha llegado a una producción mensual de:

Tabla N° 67: Unidades por producir mensual - 2018

Mes 2018	Unidades por producir
Ene	614
Feb	1340
Mar	1351
Abr	1380
May	1417
Jun	1553
Jul	1263
Ago	1593
Set	1331
Oct	1465
Nov	1474
Dic	1506
Total	16288

Elaboración propia

Se producirán 16288 unidades, considerando las 740 unidades de inventario inicial. El costo de producción se reduce a S/1, 369,741.26 de 16288 unidades, teniendo un ahorro comparándose al año 2017 de S/214,428.36, con una producción de 15330 unidades. Es decir que, al llevar a cabo el planeamiento de producción, se producirán más unidades a menor costo que el año 2017.

Pronóstico de tiempos de demora

Para calcular el tiempo de demora en la entrega se debe realizar el pronóstico de los tiempos del proceso para poder calcular el tiempo de demoras, de acuerdo con los tiempos que se han calculado después de haber implementado Poka Yoke.

El pronóstico de tiempos se ha realizado con números aleatorios de acuerdo con los datos finales del DAP final de la tabla N°47, sin embargo, para ello, se debe calcular una muestra estadística del total de marcos proyectados de 17976 unidades, ya que para pronosticar 17976 unidades es bastante alto, por lo que existe el cálculo de la muestra estadística de acuerdo con el número de la población, como se muestra a continuación:

Tabla N° 68: tamaño de muestra

Tamaño de Muestra									
p	0.5	$n = \frac{(p * q) * Z^2 * N}{E^2 * (N - 1) + (p * q) * Z^2}$							
q	0.5								
Z	1.96								
N	17976	Valor de Zα	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
E	0.05	Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99%
n	376								

Elaboración propia

Para la muestra se ha asumido un nivel de confianza de 95% y su valor Z es de 1.96 y por lo tanto el error es de 0.05, la probabilidad que tenga características similares es $p = 0.5$ y de características no similares $q = 0.5$, por lo que la muestra es de 376 unidades.

Se ha tomado de la base de datos de 2017, los lotes y diferentes dimensiones para llegar a las 376 unidades como se muestra a continuación:

Tabla N° 69: Elaboración de tiempos proyectados del proceso de mejora:

	A	B	C	D	E
1	Ítem	Código de Tienda	Lote req unidades	Código	Corte final Largo (cm)
53	52	T1	5	70100-4	70.00
54	53	T8	5	70100-4	70.00
55	54	T11	5	2050-2	20.00
56	55	T10	5	7090-4	70.00
57	56	T2	5	7090-2	70.00
58	57	T5	5	6080-2	60.00
59	58	T7	5	70100-2	70.00
60	59	T2	5	70100-4	70.00
61	60	T2	5	70100-3	70.00
62	61	T3	5	70100-1	70.00
63	62	T11	5	70100-4	70.00
64	63	T4	5	4050-4	40.00
65	64	T2	5	6080-4	60.00
66	65	T8	5	2025-3	20.00
67	66	T10	5	6080-4	60.00
68	67	T8	5	70100-2	70.00
69	68	T11	5	3040-4	30.00
70	69	T7	5	2050-1	20.00
71	70	T1	5	70100-2	70.00
72	71	T10	5	70100-1	70.00
73	72	T4	5	2050-2	20.00
74	73	T3	5	6080-2	60.00
75			376		

Elaboración propia

Luego se aplica los números aleatorios dentro de un rango, en donde el promedio del mínimo y máximo es igual a los tiempos que se calcularon en el DAP final (véase Tabla N° 47), sólo de los tiempos que han cambiado, como se muestra a continuación:

Tabla N° 70: Simulación de tiempos después de implementar las herramientas de Lean Manufacturing

[illegible]

Elaboración propia

A continuación, se muestra los tiempos aleatorios de las actividades marcadas, véase anexo 2.

Tabla N° 71: Extracto de los tiempos del proceso de producción para el año 2018 en días

							(1)	(2)		(4)		(6)	(7) Cortar	(8)	(9)	(10)	(11) Cortar
							Recoger	Trasladar		Trasladar		Trasladar	y trazar	Trasladar	Moldear	Trasladar	Cortar
							Materia	Materia		Madera		la madera	la madera	la madera	madera	para el	la madera
							prima	prima		para		para corte	para	para	de fondo	madera	la madera
							almacén	planta		sepiñado		y trazo	uniones	y trazo	moñeado	para	la madera
							(días)	(días)		(días)		(días)	(días)	(días)	(días)	(días)	(días)
Ítem	Código de Tienda	Lote req unidades	Código	Corte final Largo (cm)	Corte final Ancho (cm)	Ancho de moldura en pulgadas											
1	T4	5	7090-2	70.00	90.00	2.00	0.0059	0.0034	0.0043	0.0006	0.0049	0.0007	0.0056	0.0004	0.0032	0.0006	0.0013
2	T1	5	70100-4	70.00	100.00	4.00	0.0100	0.0028	0.0062	0.0006	0.0038	0.0004	0.0038	0.0004	0.0029	0.0005	0.0024
3	T4	5	70100-3	70.00	100.00	3.00	0.0104	0.0047	0.0038	0.0007	0.0031	0.0007	0.0051	0.0004	0.0028	0.0005	0.0020
4	T5	5	70100-1	70.00	100.00	1.00	0.0054	0.0039	0.0062	0.0005	0.0039	0.0005	0.0048	0.0005	0.0029	0.0003	0.0111
5	T9	5	6080-3	60.00	80.00	3.00	0.0070	0.0045	0.0058	0.0004	0.0032	0.0006	0.0027	0.0004	0.0029	0.0004	0.0026
6	T11	5	70100-2	70.00	100.00	2.00	0.0091	0.0059	0.0066	0.0004	0.0049	0.0006	0.0061	0.0004	0.0026	0.0006	0.0026
7	T4	5	70100-3	70.00	100.00	3.00	0.0097	0.0036	0.0041	0.0006	0.0029	0.0005	0.0071	0.0005	0.0032	0.0005	0.0023
8	T3	5	70100-3	70.00	100.00	3.00	0.0075	0.0042	0.0037	0.0006	0.0036	0.0006	0.0045	0.0004	0.0023	0.0005	0.0111
9	T7	5	70100-2	70.00	100.00	2.00	0.0104	0.0055	0.0067	0.0004	0.0047	0.0007	0.0070	0.0004	0.0028	0.0004	0.0030
10	T6	5	6080-2	60.00	80.00	2.00	0.0088	0.0052	0.0070	0.0008	0.0050	0.0007	0.0068	0.0004	0.0032	0.0004	0.0195
11	T12	5	70100-1	70.00	100.00	1.00	0.0085	0.0058	0.0073	0.0008	0.0031	0.0005	0.0046	0.0004	0.0032	0.0006	0.0151
12	T7	5	7090-1	70.00	90.00	1.00	0.0071	0.0024	0.0029	0.0005	0.0049	0.0007	0.0060	0.0004	0.0025	0.0005	0.0028
13	T4	5	3040-1	30.00	40.00	1.00	0.0105	0.0044	0.0059	0.0006	0.0036	0.0005	0.0038	0.0004	0.0026	0.0004	0.0194
14	T7	5	7090-1	70.00	90.00	1.00	0.0099	0.0050	0.0053	0.0007	0.0028	0.0007	0.0030	0.0004	0.0022	0.0005	0.0144
15	T9	5	7090-4	70.00	90.00	4.00	0.0077	0.0059	0.0063	0.0006	0.0043	0.0005	0.0028	0.0005	0.0032	0.0005	0.0030
16	T10	5	7090-1	70.00	90.00	1.00	0.0090	0.0025	0.0064	0.0007	0.0031	0.0008	0.0058	0.0005	0.0032	0.0004	0.0031
17	T9	5	7090-3	70.00	90.00	3.00	0.0097	0.0060	0.0053	0.0005	0.0042	0.0007	0.0044	0.0004	0.0030	0.0004	0.0144
18	T8	5	7090-3	70.00	90.00	3.00	0.0056	0.0047	0.0071	0.0007	0.0023	0.0006	0.0045	0.0005	0.0030	0.0004	0.0025
19	T2	5	3040-4	30.00	40.00	4.00	0.0103	0.0036	0.0074	0.0004	0.0050	0.0005	0.0067	0.0004	0.0031	0.0005	0.0021
20	T7	5	6080-3	60.00	80.00	3.00	0.0057	0.0058	0.0031	0.0005	0.0021	0.0007	0.0043	0.0004	0.0029	0.0004	0.0144
21	T4	5	7090-3	70.00	90.00	3.00	0.0085	0.0049	0.0066	0.0003	0.0044	0.0005	0.0031	0.0004	0.0022	0.0005	0.0031

Elaboración propia

Para calcular los días de demora, se debe calcular el promedio, desviación estándar y los límites de control superior e inferior. Se asume que los valores mayores al límite de control superior se entregan con demora, a continuación, se muestran las estadísticas:

Tabla N° 72: Estadísticas

Total	295.6873
Promedio	4.0505
Desv. Std	0.0407
UCL	4.0912
LCL	4.0098

Elaboración propia

Por lo que cualquier proceso de la muestra que se encuentra por encima del nivel de control superior de 4.0912 (UCL), es demora, como se muestra a continuación:

Tabla N° 73: Cálculo de demora en el proceso de mejora

Días por programación de producción	Promedio	UCL	LCL	Demora
3.9192	4.0505	4.0912	4.0098	0.0000
4.0446	4.0505	4.0912	4.0098	0.0000
4.0992	4.0505	4.0912	4.0098	0.0080
3.9840	4.0505	4.0912	4.0098	0.0000
3.9560	4.0505	4.0912	4.0098	0.0000
4.0408	4.0505	4.0912	4.0098	0.0000
4.0145	4.0505	4.0912	4.0098	0.0000
3.9995	4.0505	4.0912	4.0098	0.0000
4.1358	4.0505	4.0912	4.0098	0.0446

Elaboración propia

En la tercera línea, el total de días de programación de producción es de 4.0992, es mayor que el valor de UCL = 4.0912, por lo que la demora es de 0.0080 días de demora. Por lo que el total es de 0.0029 días para 376 unidades y por extrapolación 52.08 días para 17976 unidades, como se muestra a continuación:

Tabla N° 74: Comparación de Procesos de mejora vs. Actual

Producción							
Mejora			Actual			Δ Mejora	
Total tiempo por 1 proceso	85.91	minutos	132.93	minutos	Reducción	-47.02	minutos
Producción por proceso	1	marco	1	marco		0	marco
Demanda anual	17976	marcos	15330	marcos	Aumento	2646	marcos
Cant de procesos	17976	procesos	15330	procesos	Aumento	2646	procesos
Tiempo requerido	1544261	minutos	2037821	minutos	Reducción	-493561	minutos
	25738	horas	33964	horas	Reducción	-8226	horas
	3217	días	4245	días	Reducción	-1028	días
Total operarios	9	operarios	8	operarios	Aumento	1	operarios
Producción por día	49.25	marcos por día	42.00	marcos por día	Aumento	7.25	marcos por día
Cálculo de demora de entregas							
Demora en la entrega	52.08	días	128.29	días	Reducción	-76.20	días
Reprocesos	604	marcos	1613	marcos	Reducción	-1009	marcos
Merma	295	marcos	788	marcos	Reducción	-493	marcos
Nivel de servicio	95.00%	porcentaje	56.07%	porcentaje	Aumento	38.93%	porcentaje

Elaboración propia

La tabla N°74 es el resumen de los cálculos hallados comparándose entre el proceso de mejora y actual. Se demuestra que al aplicar las herramientas de Lean Manufacturing, reduce tiempo de 1 proceso, incrementa producción en unidades, reduce tiempo requerido al año por 1028 días, la demora en la entrega se reduce de 128.29 a 52.08 días para una producción mayor y el nivel de servicio es del 95% incrementándose del 56.07%.

Revisar

Por lo tanto, los indicadores son de Actual Vs. Mejorado son:

Tabla N° 75: Indicadores Actual vs. Mejora

KPIs	Actual	Mejorado
Takt Time	7.36 min/marco	6.27
Unidades no conformes	2401 marcos	899
Nivel de servicio (entrega a tiempo)	56.07% porcentaje	95%
Demora en la entrega	1026.30 horas	416.67
Tiempo de reprocesos	1277.77 horas	478.31
Merma	788 unidades	294.98
Tiempo de espera	660.62 horas	0.00
Tiempo de producción por marco	132.93 minutos	85.91

Elaboración propia

Por consiguiente, los resultados de los indicadores se muestran de manera gráfica

Figura N° 55: Indicadores

Elaboración propia

Se concluye, se logró los objetivos de reducir el tiempo de entrega, la eliminación de los cuellos de botella y reducir los productos no conformes.

Siendo el resumen de la inversión y ahorros como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 76: Resumen de Inversión y Ahorros

Inversión y Ahorros		
	Inversión	Ahorros
Capacitación	S/ 194,859.38	S/ 405,923.44
Activos	S/ 177,250.00	
Optimización producción		S/ 214,428.36
	S/ 372,109.38	S/ 620,351.81
Periodo de implementación		5 años

Elaboración propia

El total de la inversión es de S/372,109.38 y el total de los ahorros es de S/620,351.81.

Actuar

La fase de actuar es la implementación de las herramientas de acuerdo con el siguiente cronograma:

Tabla N° 77: Cronograma de Gantt

Capítulo 4: Validación de la propuesta

En el presente capítulo se realiza la validación de la propuesta en cuanto a la simulación del proceso actual y del proceso de la propuesta de mejora, así como la validación financiera del proyecto.

Simulación de los procesos

La simulación, ayudará a determinar si el proceso de mejora reduce el tiempo de producción con respecto al proceso actual.

Para la simulación, se debe tomar los tiempos del proceso actual y los proyectados del proceso de mejora e ingresarlos actividad por actividad en la aplicación de Arena llamado Input Analyzer, para determinar las distribuciones de cada una de ellas. Al ingresar los datos se obtiene la distribución de una actividad.

Este procedimiento se realiza para cada una de las actividades del proceso actual y también, del proceso de mejora por separado para luego programar el modelo de cada proceso en Arena.

A continuación, se muestra la primera actividad del proceso actual:

Figura N° 56: Obtención de distribución de los datos de tiempos de producción

Elaboración propia

De la figura N°56, se toma la expresión si el valor p es menor que todas las otras distribuciones posibles y menor que 0.05, por lo que se utiliza la función de FIT ALL, lo cual indica que la aplicación selecciona la mejor distribución de acuerdo con estas limitaciones.

Después de haber ingresado todos los datos y se recolectan las distribuciones se ha elaborado la siguiente tabla:

Tabla N° 78: Distribuciones del proceso actual y de mejora

Actividades	ACTUAL	MEJORA
1 Recoger Materia prima de Almacén	LOGN(0.00828, 0.00175)	LOGN(0.00828, 0.00175)
2 Trasladar Materia prima a planta	LOGN(0.0043, 0.00112)	LOGN(0.0043, 0.00112)
3 Cortar madera (Manual)	BETA(13, 13.9404)	BETA(0.26, 4.97665)
4 Trasladar Madera para cepillado	WEIB(0.000628, 4.51)	WEIB(0.000628, 4.51)
5 Cepillar madera	WEIB(0.00393, 4.94)	WEIB(0.00393, 4.94)
6 Trasladar la madera para corte y trazo	WEIB(0.000638, 5.86)	WEIB(0.000638, 5.86)
7 Cortar y trazar madera	BETA(5.69, 5.16128)	BETA(5.11, 5.40645)
8 Trasladar la madera para moldeado	WEIB(0.000477, 9.76)	WEIB(0.000477, 9.76)
9 Moldear madera para el encajonado de fondo	ERLA(0.000106, 25)	ERLA(0.000106, 25)
10 Trasladar madera moldeada	WEIB(0.000476, 5.76)	WEIB(0.000476, 5.76)
11 Finalizar corte de madera para uniones	ERLA(0.000106, 25)	WEIB(0.0024, 4.43)
12 Trasladar madera para lijado	WEIB(0.00048, 6.42)	WEIB(0.00048, 6.42)
13 Lijar estructura del marco	LOGN(0.00539, 2.38e-005)	LOGN(0.00539, 2.38e-005)
14 Trasladar estructura del marco para armado	WEIB(0.000415, 3.4)	WEIB(0.000415, 3.4)
15 Armar estructura del marco	ERLA(0.000603, 24)	BETA(7.08, 10.4474)
16 Trasladar para corte de Trupan	ERLA(2.01e-005, 5)	ERLA(2.01e-005, 5)
17 Cortar Trupan	0.01 + 0.02 * BETA(6.47, 14.3)	ERLA(0.000627, 13)
18 Trasladar trupan para cuadrar esquinas	ERLA(7.95e-006, 13)	ERLA(7.95e-006, 13)
19 Cuadrar las esquinas del trupan con el formol (Manual)	WEIB(0.00432, 17)	WEIB(0.00432, 17)
20 Lijar trupan (Manual)	WEIB(0.00334, 8.5)	WEIB(0.00334, 8.5)
21 Lijar estructura del marco a mano (Manual)	ERLA(0.000123, 25)	LOGN(0.00292, 0.00086)
22 Pasar el pegamento a la estructura a mano (Manual)	LOGN(0.00825, 0.00224)	LOGN(0.00825, 0.00224)
23 Pasar el pegamento a trupan (Manual)	LOGN(0.0104, 0.000859)	LOGN(0.0104, 0.000859)
24 Dejar secar pegamento de trupan	NORM(0.0126, 0.00114)	TRIA(0, 0.00813, 0.01)
25 Pegar trupan y la estructura (Manual)	LOGN(0.0126, 0.00129)	BETA(6.56, 10.1682)
26 Trasladar el trupan para el lijado	WEIB(0.000411, 8.01)	WEIB(0.000411, 8.01)
27 Lijado en la máquina por los lados del marco	LOGN(0.0101, 0.0013)	LOGN(0.0101, 0.0013)
28 Trasladar el trupan para lijarse a mano	WEIB(0.000408, 6.25)	WEIB(0.000408, 6.25)
29 Lijar a mano parte interna y externa del marco (Manual)	BETA(7.4, 4.76102)	BETA(7.4, 4.76102)
30 Empastar marco para cerrar porosidad de la madera	0.01 + LOGN(0.0206, 0.006)	WEIB(0.00837, 4.19)
31 Dejar secar empastado (espera)	LOGN(0.00821, 0.00164)	LOGN(0.00821, 0.00164)
32 Inspección de secado	LOGN(0.00209, 0.000322)	
33 Lijar a mano las partes de marco que se empastó (Manual)	ERLA(0.000329, 25)	ERLA(0.000329, 25)
34 Pintar primera base (Manual)	WEIB(0.00336, 5.74)	ERLA(0.000224, 13)
35 Dejar secar pintado primera base (Manual)	0.01 + 0.02 * BETA(9.17, 11.4)	LOGN(0.00918, 0.003)
36 Inspección de secado de pintura primera base	BETA(6.27, 24.1424)	
37 Pintar Segunda base (Manual)	NORM(0.00317, 0.000417)	NORM(0.00317, 0.000417)
38 Dejar secar pintado segunda base (Manual - Espera)	0.01 + ERLA(0.000435, 25)	BETA(5.85, 5.91513)
39 Pintado final (Manual - Espera)	BETA(3.89, 5.1056)	LOGN(0.00278, 0.000782)
40 Dejar secar pintado final (Manual - Espera)	0.01 + ERLA(0.000348, 25)	BETA(6.8, 7.2897)
41 Inspección de pintado final	WEIB(0.00212, 14.1)	WEIB(0.00212, 14.1)
42 Trasladar al almacén de APT	WEIB(0.00218, 15.7)	WEIB(0.00218, 15.7)
43 Almacenaje de productos terminados	WEIB(0.00221, 8.14)	WEIB(0.00221, 8.14)

Elaboración propia

La tabla N°78 muestra las distribuciones del proceso actual y mejora en días de acuerdo con los datos del proceso actual y los números aleatorios que se establecieron para el proceso de mejora.

Proceso Actual

El proceso actual se ha modelado de acuerdo con los tiempos recolectados de los datos históricos de la empresa y según el diagrama de flujo (Figura N°32), como se muestra a continuación:

Figura N° 57: Modelado del proceso actual

Elaboración propia

Para las decisiones, se ha tomado también de la base de datos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 79: Porcentajes para los cuadros de decisiones del modelo del proceso actual

													Producto no conforme 10 (unidades)
Row Labels	Lote req unidades	Inventario de seguridad	Producto no conforme 1 (unidades)	Producto no conforme 2 (unidades)	Producto no conforme 3 (unidades)	Producto no conforme 4 (unidades)	Producto no conforme 5 (unidades)	Producto no conforme 6 (unidades)	Producto no conforme 7 (unidades)	Producto no conforme 8 (unidades)	Producto no conforme 9 (unidades)	Producto no conforme 10 (unidades)	
Ene	1187	28	51	38	14	8	2	13	16	14	10	15	
Feb	1392	34	61	44	18	11	3	15	18	17	13	18	
Mar	1202	25	53	39	15	9	3	14	17	15	11	15	
Abr	1440	42	63	46	18	11	4	16	19	18	14	18	
May	1246	22	55	40	15	9	2	14	17	16	11	16	
Jun	1226	32	53	39	16	9	3	14	16	15	11	16	
Jul	1258	31	56	41	15	10	3	14	17	15	12	16	
Ago	1235	36	53	39	16	8	2	13	17	16	11	15	
Set	1201	30	53	38	15	9	3	14	16	14	11	15	
Oct	1320	33	58	43	16	10	3	14	18	17	12	17	
Nov	1290	28	56	41	16	10	3	15	17	16	12	17	
Dic	1333	29	58	43	17	10	3	15	18	16	12	17	
Grand Total	15330	370	670	491	191	114	34	171	206	189	140	195	
	15330		670	491	191	114	34	171	206	189	140	195	
			4.37%	3.20%	1.25%	0.74%	0.22%	1.12%	1.34%	1.23%	0.91%	1.27%	
			95.63%	96.80%	98.75%	99.26%	99.78%	98.88%	98.66%	98.77%	99.09%	98.73%	

Elaboración propia

Por lo que se han modelado, cada una de ellas:

Figura N° 58: Modelado de cuadro de decisiones

Elaboración propia

Proceso de Mejora

El proceso de mejora se realiza con el mismo método que el del proceso actual, teniendo el modelo de acuerdo con diagrama de flujo de la figura N°53, como se muestra en la siguiente figura:

Figura N° 59: Modelado del proceso de mejora

Elaboración propia

Resultados

Al hacer correr los dos modelos, se da los siguientes resultados:

Tabla N° 80: Resultados de las simulaciones de los procesos actual y de mejora

Fabricación marcos

Replications: 10Time Units: Days

Entity

Time

VA Time

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
marco	2.5195	0.04	2.4273	2.6473	1.0473	3.7805

NVA Time

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
marco	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
marco	2.9678	1.29	1.5019	7.5749	0.00	28.1973

Transfer Time

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
marco	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
marco	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
marco	5.4873	1.29	4.0106	10.0855	1.0650	30.4224

Fabricación marcos

Replications: 10 Time Units: Days

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
marco	3.0299	0.07	2.8797	3.2072	2.1673	3.9591
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
marco	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
marco	0.3704	0.16	0.00	0.6574	0.00	3.8748
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
marco	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
marco	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
marco	3.4003	0.17	2.9457	3.7010	2.1673	6.6751

Elaboración propia

A continuación, se muestra los valores calculados para el proceso actual y del proceso de mejora, comparándose con la simulación en días, para un lote promedio de 5.43 unidades por proceso:

Tabla N° 81: Comparación de valores calculados y de la simulación de los procesos actual y de mejora

	ACTUAL			MEJORA		
	Cálculo	Simulación	Var	Cálculo	Simulación	Var
Proceso	3.545	2.519	1.025	4.051	3.030	1.021
Tiempo de espera	3.150	2.968	0.182	0.000	0.370	-0.370
Proceso total	6.694	5.487	1.207	4.051	3.400	0.650

Elaboración propia

En la tabla N°81 se muestra que el tiempo de espera se reduce considerablemente de 2.968 días para el proceso actual a 0.370 días del proceso de mejora y el total del proceso de producción se reduce de 5.487 a 3.400 días.

Por lo que se concluye que, la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing reduce el tiempo del proceso de producción y el tiempo de espera (cuellos de botella).

Validación Financiera

La validación financiera se realiza para determinar la factibilidad del proyecto de manera económica, para ello se debe calcular el Costo de Oportunidad (COK), por medio del método Capital Asset Pricing Model (CAPM), cuya fórmula es, de acuerdo con PromPerú:

$$\text{CAPM} = R_f + \text{Beta} * (\text{Prima de Riesgo}) + \text{Riesgo País}$$

- R_f : Tasa libre de Riesgo.
- Beta: Indicador de Riesgo de Mercado.
- Prima de riesgo: Plus por cambiar activos sin riesgo por activos con riesgos de mercado.
- Riesgo País El riesgo país es un índice que intenta medir el grado de riesgo que entraña un país para las inversiones extranjeras

Por lo tanto, el COK = CAPM = 9.24%

Para la tasa libre de riesgo se toma el valor de los bonos de tesoro público con un vencimiento a 30 años, para el valor de beta se toma el valor de una empresa peruana que se encuentra bajo la misma industria fabril o manufacturera (PBI manufacturero) por lo que se tomó el valor beta de la empresa de Aceros Arequipa, así como el valor de prima de riesgo de la misma empresa, y por último el riesgo país, de la misma fecha del 2 de abril de 2018, como se muestra a continuación:

Tabla N° 82: Cálculo del costo de oportunidad por el método CAPM

Cálculo COK		Fuente	Fuente
Rf	2.97%	Us Treasury Bond	https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yieldYear&year=2018
Beta apalancado	0.83	Aceros Arequipa	http://www.centrum.pucp.edu.pe/adjunto/upload/publicacion/archivo/guia_burkenroad_corporacion_aceros_arequipa_s.pdf
Prima de riesgo	6.00%	Aceros Arequipa	http://www.centrum.pucp.edu.pe/adjunto/upload/publicacion/archivo/guia_burkenroad_corporacion_aceros_arequipa_s.pdf
Riesgo país	1.29%	Ambito.Com	http://www.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=13
CAPM		9.2400%

U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY

SECRETARY MNUCHIN

ABOUT TREASURY

POLICY ISSUES

DATA

SERVICES

NEWS

Libraries

Consumer Policy

Economic Policy

Financial Markets, Financial Institutions, and Fiscal Service

Financial Sanctions

International

Small Business Programs

Tax Policy

Temporarily and Wolk Finance

Data and Charts Center

Agency MBS Purchase Program

Interest Rate Statistics

Resource Center

Home » Resource Center » Data and Charts Center » Interest Rate Statistics » Treasury

Daily Treasury Yield Curve Rates

Get updates to this content.

These data are also available in XML format by clicking on the XML icon.

The schema for the XML is available in XSD format by clicking on the XSD icon.

If you are having trouble viewing the above XML in your browser, click here.

To access interest rate data in the legacy XML format and the corresponding XSD schema, click here.

Select type of Interest Rate Data

Daily Treasury Yield Curve Rates

Select Time Period

Current Month

Date

1 Mo

3 Mo

6 Mo

1 Yr

2 Yr

3 Yr

5 Yr

7 Yr

10 Yr

20 Yr

30 Yr

04/02/18

1.98

1.77

1.62

2.08

2.25

2.37

2.55

2.87

2.73

2.85

2.97

CENTRUM

UNIVERSIDAD PUCP

Febrero 13, 2012

CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.

CORAREC, CORAREI

Seguimiento de Cobertura: Inversión Constante

Recomendación de Inversión: Comprar, Baja Probabilidad de Sobrevaluación.

Precio de la acción

2007

2008

2009

2010

Unidad Nota (PEN)

106,900

112,991

(37,314)

131,629

Acciones en Circulación

580,452

644,662

714,858

777,391

Utilidad por Acción (UPA)

0.184

0.174

(0.052)

0.169

Valuación (en Miles de Nuevos Soles)

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

FCF

(95,821)

(150,030)

243,176

271,358

262,267

291,735

327,861

VAN

PEN

2,582,819

Costo de Capital

Tasa Libre de Riesgo

4.34%

Pasivo no Corriente (PNC)

782,308 PEN

Prima de Mercado

6.00%

Patrimonio (PAT)

2,464,481 PEN

Tasa Riesgo País

1.67%

Beta apalancado

0.83

Costo del Accionista (ca)

11.00%

Beta del Sector

1.40

CCCP

10.60%

El valor COK = 9.24% se utiliza para determinar los cálculos del valor actual neto y la tasa interno de retorno. Los ahorros calculados de, S/620,351.81 para un periodo de cinco años, considerando ahorros de S/124,070.36 por año, y la inversión es de S/372,109.38. Se considera el 20% por año de la depreciación de la inversión tangible e impuestos del 28%. El VAN es de S/11,572.19 mayor que cero y la TIR de 10% mayor que el valor del COK = 9.24%, como se muestra a continuación:

Tabla N° 83: Escenario: Esperado

FLUJO DE CAJA						
ESPERADO						
Supuestos						
Depreciación de capital	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	28%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	9.24%					
		1	2	3	4	5
Ahorros		S/124,070.36	S/124,070.36	S/124,070.36	S/124,070.36	S/124,070.36
(-) Costos (Costos directos y planilla directa)						
(-) Depreciación		S/-35,450.00	S/-35,450.00	S/-35,450.00	S/-35,450.00	S/-35,450.00
(=) UAI = EBIT		S/ 88,620.36	S/ 88,620.36	S/ 88,620.36	S/ 88,620.36	S/ 88,620.36
(-) Impuestos		S/-24,813.70	S/-24,813.70	S/-24,813.70	S/-24,813.70	S/-24,813.70
(+) Depreciación		S/ 35,450.00	S/ 35,450.00	S/ 35,450.00	S/ 35,450.00	S/ 35,450.00
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/ 99,256.66	S/ 99,256.66	S/ 99,256.66	S/ 99,256.66	S/ 99,256.66
Inversión	S/-372,109.38					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	S/-372,109.38	S/ 99,256.66	S/ 99,256.66	S/ 99,256.66	S/ 99,256.66	S/ 99,256.66
VAN		S/ 11,572.19				
TIR		10%				

Elaboración propia

Para los escenarios Pesimista y Optimista se utiliza la función Goal Seek de Excel, en el caso del escenario pesimista, los ahorros deben de reducirse con la misma cantidad de la inversión, se supone una TIR de 9.29%, por lo que la función, calcula que el monto de ahorro debe ser sólo el 97% de los ahorros de S/620,351.81 siendo S/620,011.51 como se muestra a continuación:

Tabla N° 84: Cálculo de Ahorros para el caso Pesimista

Goal Seek	
TIR	9.2900%
97%	
S/ 600,011.51	S/ 120,002.30
S/ 620,351.81	

Elaboración propia

Por lo que el flujo de caja del escenario Pesimista se muestra a continuación:

Tabla N° 85: Escenario: Pesimista

FLUJO DE CAJA						
PESIMISTA						
Supuestos						
Depreciación de capital	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	28%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	9.24%					
		1	2	3	4	5
Ahorros		S/120,002.30	S/120,002.30	S/120,002.30	S/120,002.30	S/120,002.30
(-) Costos (Costos directos y planilla directa)						
(-) Depreciación		S/-35,450.00	S/-35,450.00	S/-35,450.00	S/-35,450.00	S/-35,450.00
(=) UAII = EBIT		S/ 84,552.30	S/ 84,552.30	S/ 84,552.30	S/ 84,552.30	S/ 84,552.30
(-) Impuestos		S/-23,674.64	S/-23,674.64	S/-23,674.64	S/-23,674.64	S/-23,674.64
(+) Depreciación		S/ 35,450.00	S/ 35,450.00	S/ 35,450.00	S/ 35,450.00	S/ 35,450.00
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/ 96,327.66	S/ 96,327.66	S/ 96,327.66	S/ 96,327.66	S/ 96,327.66
Inversión		S/-372,109.38				
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)		S/-372,109.38	S/ 96,327.66	S/ 96,327.66	S/ 96,327.66	S/ 96,327.66
VAN	S/	249.98				
TIR		9.27%				

Elaboración propia

Sin embargo, en la tabla N°85 se muestra que la TIR que dio la función es de 9.27% y el VAN de S/249.98

Para el escenario Optimista se realiza con el mismo método, y el flujo de caja del escenario Optimista es como sigue:

Tabla N° 86: Escenario: Optimista

FLUJO DE CAJA						
OPTIMISTA						
Supuestos						
Depreciación de capital	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	28%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	9.24%					
		1	2	3	4	5
Ahorros		S/142,178.55	S/142,178.55	S/142,178.55	S/142,178.55	S/142,178.55
(-) Costos (Costos directos y planilla directa)						
(-) Depreciación		S/-35,450.00	S/-35,450.00	S/-35,450.00	S/-35,450.00	S/-35,450.00
(=) UAI = EBIT		S/106,728.55	S/106,728.55	S/106,728.55	S/106,728.55	S/106,728.55
(-) Impuestos		S/-29,883.99	S/-29,883.99	S/-29,883.99	S/-29,883.99	S/-29,883.99
(+) Depreciación		S/ 35,450.00	S/ 35,450.00	S/ 35,450.00	S/ 35,450.00	S/ 35,450.00
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/112,294.55	S/112,294.55	S/112,294.55	S/112,294.55	S/112,294.55
Inversión	S/-372,109.38					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	S/-372,109.38	S/112,294.55	S/112,294.55	S/112,294.55	S/112,294.55	S/112,294.55
VAN	S/ 61,970.82					
TIR	15%					

Elaboración propia

En conclusión, el proyecto es factible económicamente proporcionando un VAN mayor que cero y una TIR mayor al COK en todos los escenarios.

Conclusiones

- De acuerdo con los casos estudiados, la implementación de las herramientas análisis de demanda, balance de línea (JIT) y optimización de producción reduce los despilfarros de la línea de ensamblaje, por ejemplo reduciendo el tiempo del proceso de 9.20 a 4.07 segundos y reduce los costos de producción en un 17%.
- Se ha determinado que el problema son los productos no conformes que se generan en la línea de producción, teniendo como efecto principal la demora en la entrega de dichos productos, ocasionado por la causa raíz de un deficiente planeamiento de producción, por deficiencias en diferentes actividades del propio proceso de producción como mal corte, mal secado, mal pintado en las diferentes etapas del proceso.
- El impacto económico es de S/483,128.31 por los despilfarros generados en la demora en la entrega, cuellos de botella en producción y la generación de productos no conformes en cuanto a reprocesos.
- Para la metodología de Lean Manufacturing, se debe implementar en etapas utilizando la herramienta PDCA o ciclo de Deming, lo cual incluye el proceso de mejora continua que se requiere en el proceso y lograr la eliminación de productos no conformes al mejorar el planeamiento de producción.
- Al utilizar las herramientas VSM (análisis de cuellos de botella), Just-In-Time (pronóstico de demanda y balance de línea) se logra la estandarización del proceso de producción, al tener un proceso de gestión como el Poka Yoke. Lográndose la reducción del proceso de producción de 132.93 a 85.91 minutos, la reducción de productos no conformes de 2401 a 899, por lo que se requiere el proceso de mejora continua con el PDCA, y el nivel de servicio incrementa de 56.07% a 95%. Así como se ha reducido el tiempo por reprocesos de 1277.77 a 478.31 horas al año, y la demora en la entrega de 1026.30 horas a 416.67 horas.
- Con la mejora propuesta se logra un ahorro de S/620,351.81 con una inversión de S/372,109.38, cubriendo las pérdidas por S/483,128.31.
- Por medio de la simulación en Arena se valida la implementación de la propuesta de mejora, ya que el tiempo del proceso de fabricación de un marco de 5.487 días

(simulación del proceso actual) se redujo a 3.4 días (simulación de la propuesta de mejora), siendo los valores calculados de 6.694 a 4.051 días, respectivamente.

- Por medio de la validación financiera, se llega a la conclusión que el VAN de S/11,572.19 es mayor que cero y por el tipo de negocio MYPE, y la TIR de 10% es mayor que el costo de oportunidad de 9.24%, lo cual indica que la implementación del proyecto es factible

Recomendaciones

- Continuar con la mejora continua de la filosofía Lean para llegar a 0 despilfarros.
- Continuar con el análisis del impacto económico previo a la ejecución del proyecto.
- Utilizar otras herramientas de la filosofía Lean como Andon, Kanban, Diseño de planta, entre otros para implementar el proceso de mejora.
- El capital humano es un factor importante en el ciclo de la mejora continua del proceso. Por esta razón, deberá ser sensibilizado e integrado para alcanzar los objetivos propuestos.

Bibliografía

Al-Tahat, M. D., & Jalham, I. S. (2015). A structural equation model and a statistical investigation of lean-based quality and productivity improvement. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 26(3), 571-583. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10845-013-0816-0>

ANSMANN, E. B., HECHT, A., HENN, D. K., LEPTIEN, S., & STELZER, H. G. (2013). The future of monitoring in clinical research—a holistic approach: Linking risk-based monitoring with quality management principles. *GMS German Medical Science*, 11. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3563312/>

BARROS, S. A., SAMPAIO, P., & SARAIVA, P. (2014). Quality management principles and practices impact on the companies' quality performance. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/36188/1/Barros.etal.pdf>

Barrow, D. K. (2016). Forecasting intraday call arrivals using the seasonal moving average method. *Journal of Business Research*, 69(12), 6088-6096. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296316304490>

CIARAPICA, F. E., BEVILACQUA, M., & MAZZUTO, G. (2016). Performance analysis of new product development projects: an approach based on value stream mapping. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(2). <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/IJPPM-06-2014-0087>

CONTRERAS, A. V. (2013). Modelo de gestión de operaciones para PYMES innovadoras. *Revista EAN*, (47), 66-87. <http://journal.ean.edu.co/index.php/Revista/article/view/234/227>

CORREA-ESPINAL, A., GÓMEZ-MONTOYA, R. A., & BOTERO-PÉREZ, C. (2014). La Ingeniería de Métodos y Tiempos como herramienta en la Cadena de Suministro. <http://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/691/1/RSO00083.pdf>

CRUZ-MEJIA, O. (2015). Manufactura esbelta y responsabilidad social empresarial: ¿coadyuvantes o antagonistas?. *Nova Scientia*, 7(15), 19-32. <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b3910801-56c5-4b03-af3b-61a4b526057b%40sessionmgr4001&vid=79&hid=4212> de Athayde Prata, B., Pitombeira-Neto, A. R., & de Moraes Sales, C. J. (2015). An integer linear programming model for the multiperiod production planning of precast concrete beams. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(10), 04015029. [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000991](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000991)

Diario Oficial el Peruano (2011). Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el trabajo. pp. 448694-448706 <http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/ley1.pdf>

DICKEN, C., & WALKER, C. (2012). BPM and Lean: Part 1--The Plan. 1-9 <http://news.bptrends.com/publicationfiles/10-02-2012-ART-BPM%20and%20LEAN-Part%201-Dickens%20and%20Walker.pdf>

DUMAS, M., LA ROSA, M., MENDLING, J., & REIJERS, H. A. (2013). Fundamentals of business process management (pp. I-XXVII). Heidelberg: Springer. http://otgo.tehran.ir/Portals/0/pdf/Fundamentals%20of%20Business%20Process%20MANAGEMENT_1.pdf

Foroughi, A., Gökçen, H., & Tiacchi, L. (2016). THE COST-ORIENTED STOCHASTIC ASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEM: A CHANCE CONSTRAINED PROGRAMMING APPROACH. International Journal of Industrial Engineering, 23(6). <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=4c88993d-eeeb-4ef5-8561-cc97405a67c4%40sessionmgr4009&bdata=JnNpdGU9ZW9vc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=121070532&db=a2h>

GREEN, J. V. (2013). The opportunity analysis canvas. <https://pe56d.s3.amazonaws.com/p18e7a5qsa7auqk318le1io1qhlb.pdf>

HERZOG, N. V., & TONCHIA, S. (2014). An Instrument for Measuring the Degree of Lean Implementation in Manufacturing. Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering, 60(12), 797-803. <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b3910801-56c5-4b03-af3b-61a4b526057b%40sessionmgr4001&vid=77&hid=4212>

JANSSEN, K. J., & REVESTTEYN, P. (2015). Business Processes Management in the Netherlands and Portugal: The Effect of BPM Maturity on BPM Performance. Journal of International Technology and Information Management, 24(1), 3. <http://scholarworks.lib.csusb.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1034&context=jitim>

Kim, B. S., & Do Chung, B. (2017). Affinely adjustable robust model for multiperiod production planning under uncertainty. IEEE Transactions on Engineering Management, 64(4), 505-514. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7903707/>

Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. IFAC-PapersOnLine, 48(3), 1870-1875. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315005984>

Li, D., Zhang, C., Shao, X., & Lin, W. (2016). A multi-objective TLBO algorithm for balancing two-sided assembly line with multiple constraints. Journal of Intelligent Manufacturing, 27(4), 725-739. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10845-014-0919-2>

MACPHERSON, W. G., LOCKHART, J. C., KAVAN, H., & IAQUINTO, A. L. (2015). Kaizen: a Japanese philosophy and system for business excellence. *Journal of Business Strategy*, 36(5), 3-9. <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/JBS-07-2014-0083>

MARMOLEJO, N., MILENA MEJÍA, A., PÉREZ-VERGARA, I. G., ROJAS, J. A., & CARO, M. (2016). Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones. *Ingeniería Industrial*, 37(1), 24-35.<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b3910801-56c5-4b03-af3b-61a4b526057b%40sessionmgr4001&vid=24&hid=4212>

MEJÍA, E., CANO, W., DE JONG, W., PACHECO, P., TAPIA, S., & MOROCHO, J. (2015). Actores, aprovechamiento de madera y mercados en la Amazonía peruana (Vol. 145).

CIFOR.https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=eJ1pCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=participaci%C3%B3n+del+sector+industrial+maderera+per%C3%BA&ots=wyY7Jrg9bF&sig=n7qX3pxlf8jkl4AIu3hCKGM_TE#v=onepage&q=mercado&f=false

MURUGESAN, V. M., RAJENTHIRAKUMAR, D., y CHANDRASEKAR, M. (2016). Manufacturing Process Improvement Using Lean Tools. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*. May2016, Vol. 14 Issue 2, p151-154. 4p.<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b3910801-56c5-4b03-af3b-61a4b526057b%40sessionmgr4001&vid=75&hid=4212>

NARIÑO, A. H., RIVERA, D. N., LEÓN, A. M., & LEÓN, M. M.(2013). Inserción de la gestión por procesos en instituciones hospitalarias. Concepción metodológica y práctica. *Revista de Administraç ão da Universidade de São Paulo*, 48(4). http://www.rausp.usp.br/busca/artigo.asp?num_artigo=1561

Nourmohammadi, A., Eskandari, H., & Fathi, M. (2018). Design of stochastic assembly lines considering line balancing and part feeding with supermarkets. *Engineering Optimization*, 1-21. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0305215X.2018.1439944>

PConsultores (2013). GUÍA BÁSICA SOBRE SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO <http://www.pegasusconsultores.com/normaslegales/anexo3rm0502013tr.pdf>

PEÑA, R. A., & RÚALES, F. C. (2015). NEEN (AZADIRACHTA INDICA) ESPECIE FORESTAL MATERIA PRIMA PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL DE LAS COMUNIDADES AGRICOLAS RURALES DEL BOSQUE TROPICAL SECO: CASO PROVINCIA SANTA ELENA— ECUADOR.<http://www.eumed.net/rev/delos/22/industria-artesanal.zip>

PERÚ 21. (2015). INEI: Economía peruana creció 3,26% en julio del 16 de setiembre de 2015 <http://peru21.pe/economia/inei-economia-peruana-crecio-326-julio-2227628>

Pieter, M. S., Lamia, I. I., & Wattimena, F. Y. (2017, November). Decision Support System in giving recommendation for flat screen television purchase using Analytical Hierarchy Process (ahp) method. In Informatics and Computing (ICIC), 2017 Second International Conference on (pp. 1-5). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8280634/>

PUTKINA, L. V.(2014). The concept of process approach to management. Вмире научных открытий, (9.1), 57. http://www.gup.ru/events/news/smi/putkina_vak.pdf

RIVERA, D. M., JOSÉ, C., RAMOS, M., & VERÓNICA, M. (2014). Gestión por procesos para el área de producción de la Empresa Textil Tex-Moda 35 http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8549/1/Tesis_t943id.pdf

RODRÍGUEZ, A., & JHAZMÍN, Z. (2014). Efecto de la mejora del proceso de ventas en los tiempos de servicio al cliente en la empresa Industrias Alimentarias Huacariz SAC. <http://repositorio.upn.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/11537/4915/Arroyo%20Rodr%C3%ADguez%20Zarela%20Jhazmin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez-Méndez, R., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J. L., & Arvizu-Barrón, E. (2015). A case study: SMED & JIT methodologies to develop continuous flow of stamped parts into AC disconnect assembly line in Schneider Electric Tlaxcala Plant. IFAC-PapersOnLine, 48(3), 1399-1404. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315005212>

ROMERO, E. (2014). Industria maderera y redes de poder regional en Loreto. Argumentos, 8, 27-33. http://revistaargumentos.iep.org.pe/wp-content/uploads/2014/12/romero_julio2014.pdf

ROSEMANN, MICHAEL, AND JAN VOM BROCKE. "The six core elements of business process management." Handbook on Business Process Management 1. Springer Berlin Heidelberg, 2015. 107-122. https://www.researchgate.net/publication/226852950_The_Six_Core_Elements_of_Business_Process_Management

RUIZ, J. A. C. (2013). Despilfarro cero: La mejora continua a partir de la medición y la reducción del despilfarro. Marcombo. <https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=aDTs7HxlSHYC&oi=fnd&pg=PT7&dq=mejora+continua+m%C3%A9todos+fabricaci%C3%B3n+&ots=N406k8wYlg&sig=KLzoZE2d2NGku4liocNtFIaBnCM#v=onepage&q=mejora%20continua&f=false>

SALDARRIAGA, J. L. (2015). Kaizen: Filosofía de mejora continua El caso Facusa. *Ingeniería Industrial*, (28), 41-57. http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/viewFile/239/215

SÁNCHEZ, L., & BLANCO, B. (2014). La Gestión por Procesos. Un campo por explorar. *Dirección y Organización*, (54), 54-71. <http://revistadyo.com/index.php/dyo/article/view/460/481>

SOARE, P. (2012). Opportunities for driving continuous improvement through TQM, lean and six sigma within business process management. In *Proceedings of the INTERNATIONAL MANAGEMENT CONFERENCE* (Vol. 6, No. 1, pp. 193-202). Faculty of Management, Academy of Economic Studies, Bucharest, Romania. <http://conference.management.ase.ro/archives/2012/pdf/23.pdf>

Sonntag, D., & Kiesmüller, G. P. (2017). The influence of quality inspections on the optimal safety stock level. *Production and Operations Management*, 26(7), 1284-1298. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/poms.12691>

Sprock, T., & McGinnis, L. F. (2015). A conceptual model for operational control in smart manufacturing systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1865-1869. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315005972>

SUNAT (2015). Portal de Aduanas. <http://www.aduanet.gob.pe/cl-ad-itsuministro/descargaS01Alias?accion=cargarFrmDescargarResultado>

SUNAT (2018). IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES. ACUMULADO ANUAL SUBPARTIDA NACIONAL/PAÍS <http://www.aduanet.gob.pe/cl-ad-itestadispartida/resumenPPaisS01Alias>

TAHMASEBI, F., & PEARCE, R. (2016). A Portfolio Analysis Tool for Measuring NASAs Aeronautics Research Progress toward Planned Strategic Outcomes. <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150022132.pdf>

TOSONI, G. A., & FALCONI, C. (2015). La apertura externa y el sector industrial: la experiencia reciente del Perú. *Apuntes: Revista de Ciencias Sociales*, (16), 43-69. <http://revistas.up.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/492/483>

YARMOHAMMADIAN, M. H., EBRAHIMPOUR, H., & DOOSTY, F. (2013). Developing" an integrated business process management and lean" model for improving quality of services in teaching hospitals. *International Journal of Health System and Disaster Management*, 1(4), 229. <http://www.ijhdsdm.org/article.asp?issn=2347-9019;year=2013;volume=1;issue=4;spage=229;epage=236;aulast=Yarmohammadian>

Zahiri, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Rezaei-Malek, M. (2016). An MCDA-DEA approach for mixed-model assembly line balancing problem under uncertainty. *Journal*

of Intelligent & Fuzzy Systems, 30(5), 2737-2748.
<https://content.iospress.com/articles/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs2027>

Matriz EFE:

La matriz de evaluación de los factores externos (EFE) permite a los estrategas resumir y evaluar información económica, social, cultural, demográfica, ambiental, política, gubernamental, jurídica, tecnológica y competitiva.

Principio de Pareto:

El principio de Pareto^{1 2} es también conocido como la regla del 80-20, distribución A-B-C, ley de los pocos vitales o principio de escasez del factor.

5S:

Cinco palabras que empiezan por la letra ese en japonés, utilizadas para crear un entorno de trabajo adecuado para el control visual y la producción esbelta.

Andon:

Sistema de control visual situado en el área de fabricación, compuesto de un tablero electrónico a base de luces, que informa de la situación de las operaciones de producción y alerta a los miembros del equipo de los problemas que surgen.

Automatización: Automatización con toque humano (ver jidoka). El segundo pilar del Sistema de producción.

Cambios rápidos (SMED):

Los cambios de útiles en minutos de un solo dígito se conocen popularmente como el sistema SMED, acrónimo de la expresión inglesa “Single-Minute Exchange of Die”. El término se refiere a la teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación en menos de diez minutos.

Demanda / demanda del cliente:

La cantidad de partes requeridas por el cliente.

Desperdicio:

Es todo aquello que no agrega valor, y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar. Los siete tipos de desperdicios son: sobreproducción, espera, transporte, sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto, inventario, movimiento, productos defectuosos o retrabajos.

Evento kaizen:

Un equipo toma un tiempo con el fin de implementar rápidamente un método de la Manufactura esbelta en un área en particular en un periodo de tiempo corto.

Flujo:

El tercer principio de la filosofía lean. La realización progresiva de todas las tareas a lo largo del flujo de valor.

Flujo continuo (Continuos Flow):

Se puede resumir en un simple enunciado: “mover uno, hacer uno” (o “mover un pequeño lote, hacer un pequeño lote”).

Kaizen:

Pequeñas mejoras diarias hechas por todos Kaizen significa “tomar una parte” y zen significa “hacerlo bien”. El punto de la implementación del kaizen es la eliminación total del desperdicio. También significa mejoramiento continuo que involucra a todos (gerentes y trabajadores por igual).

Lean:

Abreviatura de Lean Manufacturing (Manufactura esbelta) - un paradigma de la manufactura basada en el fundamento de la meta del Sistema de producción Toyota: Minimizar los desperdicios y aumentar el flujo.

Mantenimiento autónomo - TPM:

Es un elemento básico de Mantenimiento productivo total (TPM). Se enfoca en mantener óptimas condiciones al equipo con el fin de prevenir pérdidas de equipo relacionadas con paros, pérdidas de velocidad y defectos de calidad.

Siglarlo

EFE: evaluación de los factores externos

MYPE: micro y pequeñas empresas

SNI: Sociedad Nacional de Industrias

SUNAT: Superintendencia de Aduanas y Administración Tributaria

EOQ: Economic Order Quantity

EPQ: Economic Production Quantity

TPM: Total Productive Maintenance

VSM: Value Stream Mapping

SLP: Systematic Planning Layout

KPI: Key Performace Indicators

DFP: Diagrama de flujo del proceso

DOP: Diagrama de operaciones del proceso

DRP: Diagrama de recorrido del proceso

Anexos

Anexo 1: Cálculo de balance de línea	193
Anexo 2: Tiempos proyectados	194

[illegible]193

Anexo 2: Tiempos proyectados

[illegible]