UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta de mejora en el proceso de costura de las PYME del sector
exportador de confecciones de prendas de vestir de tejido de punto de algodón
aplicando herramientas Lean basadas en celdas de manufactura flexible y
sistema Pull

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTORES

Chozo Gonzales, Max Isaac (0000-0001-8878-4804)

Escriba Gutierrez, Marleni Gloria (0000-0003-2170-4448)

ASESOR

Carvallo Munar, Edgardo Gabriel (0000-0002-5317-5061)

Lima, 20 de febrero de 2019

DEDICATORIA

A nuestros padres y hermanos, por el impulso constante y por el apoyo incondicional en esta etapa de nuestras vidas para lograr este gran paso de ser profesionales.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos dado fuerza, inteligencia y salud para llegar a cumplir nuestra meta y por darnos estupendas familias. A nuestros padres Nemesio Escriba e Inés Gutierrez y; José Chozo y Rosa Gonzales, principales motores de nuestros sueños, por dar todo su esfuerzo y sacrificio para ser posible que tengamos una carrera. A nuestras hermanas Natividad Escriba y María Alejandra Chozo, por sus consejos, por confiar en nosotros y apoyarnos en todo momento.

Agradecimiento a nuestros docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial que contribuyeron con la preparación y formación de nuestra profesión, en especial a nuestro asesor de tesis, Ing. Edgardo Gabriel Carvallo Munar quien con sus grandes conocimientos y experiencia en el sector, ha guiado nuestra investigación. Asimismo, un agradecimiento a las PYME peruanas de exportación de prendas de vestir que fueron parte de nuestro estudio, por habernos abierto las puertas para realizar nuestra investigación.

RESUMEN

Esta investigación aborda la aplicación de la filosofía de lean manufacturing en el proceso de costura de las PYME peruanas del sector de confecciones para exportación. El objetivo es aumentar la competitividad a través de la reducción del lead time. Para llevar a cabo el estudio, se recopiló información mediante entrevistas a profundidad a las PYME de dicho sector. Luego, a través de la herramienta value stream map (VSM) y el análisis con respecto a los siete desperdicios, se identificó un exceso de lead time originado principalmente por inventarios y esperas. Esto representa un total de 5,7 días (62%), cuyas causas principales son las políticas de inventario y el tamaño de paquete. Para reducir estos desperdicios, se diseñó y desarrolló metodologías lean basadas en celdas de manufactura flexible y sistema pull. Además, se realizó un VSM futuro, donde los resultados finales mostraron una reducción de inventarios y esperas del 90% en estantería y 67% en la línea de producción, logrando una reducción total del lead time en el proceso de costura de 13 a 3 días aproximadamente. Finalmente, mediante juicio de expertos se validó el modelo propuesto, donde se obtuvo, en promedio, una aprobación del 84% (4,2 de 5); además, se reforzó la validación a través de la simulación en Arena, donde se obtuvo una reducción de los inventarios en un 90%.

Palabras clave: Lean Manufacturing; Proceso de costura; VSM; Celdas de manufactura flexible; Sistema Pull; Sector de confecciones.

Proposal to improve the sewing process of SMEs in the export sector of garments made of cotton knitwear by applying Lean tools based on flexible manufacturing cells and Pull system

ABSTRACT

This research addresses the application of the lean manufacturing philosophy in the sewing process of the Peruvian SMEs in the garment sector for export. The main objective is to increase competitiveness through the reduction of lead time. To carry out the study, information collected through in-depth interviews with SMEs of the sector. Then, by applying Value Stream Map (VSM) tool and seven-waste analysis, an excess of lead time is identified, mainly caused by inventories and waits. This represents a total of 5.7 days (62%), which main causes were inventory policies and bundle size. In order to reduce this waste, lean methodologies based on flexible manufacturing cells and pull systems were designed and developed. In addition, a future VSM was carried out, where the final results showed a reduction of inventories and waits of 90% in shelving and 67% in the production line, reducing the sewing process lead from 13 days to 3 days approximately. Finally, through expert judgment, the proposed model was validate, where an 84% approval was obtain (4.2 out of 5). In addition, the validation was reinforce through the simulation in Arena, where was obtain a reduction of inventories by 90%.

Keywords: Lean Manufacturing; Sewing Process; VSM; Flexible Manufacturing cells; Pull System; Clothing sector.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	CAPÍTULO I.....	2
2.1.	Estado del arte	2
2.2.	Marco teórico.....	7
2.2.1.	Lean Manufacturing	7
2.2.2.	Pensamiento Esbelto	9
2.2.3.	Herramientas y técnicas de Lean Manufacturing.....	11
2.2.4.	Sistemas de producción en confecciones	20
2.2.5.	Sistemas de producción en Costura.....	23
2.2.6.	Descripción del proceso típico de costura.....	24
2.2.7.	Balance de Línea Modular	25
2.2.8.	Normativa.....	26
2.2.9.	Matriz de Identificación de Stakeholders.....	26
2.2.10.	Matriz de Leopold	29
3.	CAPÍTULO II	32
3.1.	Antecedentes.....	32
3.1.1.	Alcance.....	33
3.1.2.	Contexto	34
3.1.3.	Tipo de investigación	36

3.1.4.	Levantamiento de información.....	37
3.1.5.	Problemática.....	38
3.1.6.	Objetivos	39
3.1.7.	Hipótesis general	40
3.2.	Presentación del sector	40
3.2.1.	Descripción del sistema de producción de una línea típica de costura	41
3.3.	Situación actual.....	43
3.3.1.	Sector de confecciones	43
3.3.2.	Proceso de costura.....	44
4.	CAPÍTULO III	58
4.1.	Diseño de la propuesta.....	58
4.2.	Ingreso controlado basado en sistema Pull.....	59
4.3.	Línea modular basada en celdas de manufactura flexible	62
4.3.1.	Balance de línea	62
4.3.2.	Layout de la línea	69
4.3.3.	Diseño del puesto de trabajo	71
4.3.4.	Perfil del operario.....	81
4.3.5.	Backup de máquina	83
4.3.6.	Plan de incentivos.....	84
4.3.7.	Capacitación	86

4.4.	Resultados esperados	90
4.5.	Consideraciones de implementación	92
4.6.	Indicadores de gestión para el control de las propuestas	93
4.7.	Análisis costo - beneficio de la implementación de Lean Manufacturing	97
4.8.	Cronograma	101
5.	CAPÍTULO IV	103
5.1.	Validación de referencias bibliográficas	103
5.1.1.	Referencias bibliográficas por Tipo	103
5.1.2.	Referencias bibliográficas de artículos indexados	104
5.2.	Validación de los entregables	109
5.2.1.	Objetivos específicos de los capítulos.....	109
5.2.2.	Validación del capítulo 1.....	110
5.2.3.	Validación del capítulo 2.....	114
5.2.4.	Validación del capítulo 3.....	115
5.3.	Validación del modelo y las propuestas	117
5.3.1.	Juicio de Experto.....	117
5.3.2.	Presentación de los expertos	118
5.3.3.	Resultados de la validación	122
5.4.	Evaluación de impactos	124
5.4.1.	Identificación de Stakeholders	125

5.4.2.	Tipos de impacto	128
5.4.3.	Impacto de las propuestas sobre los Stakeholders	128
5.4.4.	Evaluación de riesgos y acciones de contingencia.....	135
5.5.	Simulación en Arena y análisis de los resultados.....	137
6.	CONCLUSIONES	151
7.	FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION	152
8.	REFERENCIAS	153
9.	ANEXOS.....	160
9.1.	Anexo 1: Distritos con mayor exportación de prendas de vestir	160
9.2.	Anexo 2: Calculo de la muestra.....	161
9.3.	Anexo 3: Cuestionario	162
9.4.	Anexo 4: Nivel de competitividad.....	164
9.5.	Anexo 5: Estudio de tiempos.....	165
9.6.	Anexo 6: Manual de procedimiento Cambio de modelo	166
9.7.	Anexo 7: Manual de procedimientos Balance de línea	169
9.8.	Anexo 8: Formato de validación	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Balance de Línea	25
Tabla 2 Matriz de identificación de Stakeholders de ICRA	27
Tabla 3 Formato de matriz de poder, urgencia y legitimidad	28
Tabla 4 Escala de valoración para la Identificación de stakeholders	29
Tabla 5 Escala de valoración para la Matriz de Leopold	30
Tabla 6 Asignación de puntuación	31
Tabla 7 Formato de Matriz de Leopold.....	31
Tabla 8 Exportaciones de prendas de vestir	35
Tabla 9 Exportaciones de prendas de vestir de punto	35
Tabla 10 Análisis de los procesos críticos con respecto al Lead Time	44
Tabla 11 Desperdicios en costura	44
Tabla 12 Balance de línea	45
Tabla 13 Análisis con respecto a la cadena de valor.....	48
Tabla 14 Exceso de días en el proceso de costura	50
Tabla 15 Análisis de los siete desperdicios.....	54
Tabla 16 Resumen del análisis de los siete desperdicios	54
Tabla 17 Resumen del diagnóstico del proceso de costura.....	56
Tabla 18 Balance de línea	64
Tabla 19 Análisis de precedencia.....	69
Tabla 20 Dimensiones de la mesa de trabajo	72
Tabla 21 Dimensiones de la silla	73
Tabla 22 Dimensiones del pedal	74

Tabla 23 Matriz de Polivalencia	83
Tabla 24 Resultados esperados	90
Tabla 25 Indicador de cumplimiento de la produccion.....	94
Tabla 26 Indicador de nivel de inventario en proceso	95
Tabla 27 Indicador de control de inventario en estantería	96
Tabla 28 Costos de la implementación de Lean Manufacturing.....	97
Tabla 29 Ahorro de las mejoras planteadas	97
Tabla 30: Flujo de Caja Económica	99
Tabla 31 Resultados de Flujo de Caja Económica.....	100
Tabla 32 Cronograma.....	101
Tabla 33 Tipos de Referencias bibliográficas	104
Tabla 34 Detalle de referencias bibliográficas	105
Tabla 35 Detalle de referencias bibliográficas.....	110
Tabla 36 Artículos científicos indexados	111
Tabla 37 Artículos con los casos de éxito	113
Tabla 38 Estado de la validación del capítulo 1	114
Tabla 39 Estado de la validación del capítulo 2.....	115
Tabla 40 Estado de la validación del capítulo 3.....	116
Tabla 41 Criterios para la Evaluación del Modelo Propuesto.....	117
Tabla 42 Calificación de los expertos	122
Tabla 43 Metodologías de evaluación de impactos	124
Tabla 44 Matriz de identificación de Stakeholders	126
Tabla 45 Escala de valoración para la Identificación de stakeholders.....	127

Tabla 46 Matriz de Identificación de Stakeholders.....	127
Tabla 47 Tipos de impacto	128
Tabla 48 Identificación de aspectos	129
Tabla 49 Impacto de las Propuestas (Matriz de Leopold).....	131
Tabla 50 Impacto total del Modelo	132
Tabla 51 Valoración del impacto por propuesta	135
Tabla 52 Riesgos y acciones de contingencia	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pasos de Manufactura Esbelta	9
Figura 2 <i>Mapa de cadena de valor</i>	15
Figura 3 <i>Línea Modular Flexible</i>	16
Figura 4 Sistema Pull	19
Figura 5 Sistema kanban entre dos procesos.....	20
Figura 6 Sistema de producción en confecciones	22
Figura 7 Sistema de producción en costura.....	24
Figura 8 Proceso de costura	24
Figura 9 Identificación de los stakeholders.....	28
Figura 10 Exportaciones del sector textil y prendas de vestir.....	32
Figura 11 Destino de exportación	32
Figura 12 Exportaciones manufactureras.....	33
Figura 13 Exportaciones por sector económico	34
Figura 14 Distritos con mayor exportación en prendas de punto de algodón.....	37
Figura 15 T-shirt básico	41
Figura 16 Diagrama de ensamble de un T-shirt.....	42
Figura 17 Procesos críticos	43
Figura 18 Desperdicios en costura	45
Figura 19 VSM del estado actual de costura.....	46
Figura 20 VSM de una línea típica de costura	49
Figura 21 Origen de los desperdicios.....	50
Figura 22 Layout actual	53

Figura 23 Diagrama de árbol de los desperdicios del proceso de costura.....	55
Figura 24 Hipótesis	57
Figura 25 Diseño de la propuesta.....	59
Figura 26 Diseño de ingreso controlado	60
Figura 27 Tarjeta de despacho	61
Figura 28 Análisis de precedencia	69
Figura 29 Layout de la línea modular	70
Figura 30 Altura de la mesa	71
Figura 31 Mesa de trabajo.....	72
Figura 32 Silla	73
Figura 33 Pedal	74
Figura 34 Posición del operario	75
Figura 35 Diseño del dispositivo de salida	76
Figura 36 Dispositivo de entrada en 3D.....	76
Figura 37 Área máxima de trabajo.....	77
Figura 38 Diseño del puesto de operación 20	78
Figura 39 Diseño del puesto de operación 30	78
Figura 40 Diseño del puesto de operación 40	79
Figura 41 Diseño del puesto de operación 60	79
Figura 42 Diseño del puesto de operación 10, 50, 60, 70	80
Figura 43 Altura del plano de trabajo de pie.....	80
Figura 44 Diseño del puesto de inspección final	81
Figura 45 VSM Futuro	91

Figura 46 Promedio de calificación de los expertos	123
Figura 47 Validación de las propuestas	124
Figura 48 Valoración del impacto por stakeholder	133
Figura 49 Valoración del impacto por módulos.....	134
Figura 50 Modulo Create	137
Figura 51 Modulo Process	138
Figura 52 Modulo Separate	139
Figura 53 Modulo Batch	140
Figura 54 Modulo Decide	141
Figura 55 Simulación del estado Actual	142
Figura 56 Resultado de las entidades del sistema Actual	143
Figura 57 Grado de utilizacion de las estaciones de trabajo del sistema Actual.....	144
Figura 58 Simulación del Estado Futuro.....	147
Figura 59 Resultado de las entidades del sistema Futuro	148
Figura 60 Grado de utilizacion de las estaciones de trabajo del sistema Futuro.....	149

1. INTRODUCCIÓN

Las exportaciones de productos no tradicionales se han reducido considerablemente al punto de que existen 554 empresas que han dejado de exportar y se han perdido aproximadamente 164 mil puestos de trabajo en el 2015. Esta situación se ve agravada hasta el día de hoy por la baja competitividad que presentan las empresas peruanas del sector textil y prendas de vestir frente a su competencia internacional. Actualmente, es casi imposible competir en precios con empresas exportadoras de países como China, Vietnam, Indonesia o Bangladesh, las cuales presentan ciertas ventajas en tema de costos. Sin embargo, el precio no es el único factor a considerar en esta industria por lo que resulta vital desarrollar otros factores que son sumamente importantes como calidad, tiempo de entrega y flexibilidad, de tal manera que se pueda ganar competitividad y hacer resurgir el sector exportador peruano de prendas de vestir. Por tanto, es preciso desarrollar Lean Manufacturing en este tipo de industrias, ya que esta filosofía se basa en cinco principios, las cuales brindan un enfoque en el cliente logrando optimizar la producción y reducir los costos tras eliminar o reducir los siete desperdicios que no agregan valor y generan tiempos improductivos; de esta forma se logra una mayor competitividad. Por lo expuesto, resalta la importancia de trabajar en este sector, ya que está en juego el futuro de esta industria que genera el 1,9% del PBI total y de la que dependen 400 mil puestos de trabajo directo. Por ello, es de suma importancia ayudar a las PYME peruanas de exportación a establecer herramientas del Lean manufacturing que les ayuden a desarrollar otros factores importantes en esta industria, de tal manera que sumen competitividad.

2. CAPÍTULO I

2.1.Estado del arte

En la actualidad la industria de la moda es una industria internacional altamente globalizada que, por lo general, es diseñado en un país, fabricado en otro, y vendido en un tercero (Ciarniene & Vienazindiene, 2014). La industria de la moda contemporánea es muy global y dinámica, cuyo problema fundamental es que el tiempo que tarda en producir materiales, convertirlos en productos y trasladarlos al mercado es mucho más largo que el tiempo que el cliente está dispuesto a esperar. Por tanto, la importancia del tiempo como arma competitiva ha sido reconocida desde hace algún tiempo (Ciarniene y Vienazindiene, 2014; Joung, 2014; Kumar y Thavaraj, 2015; Mok,Wong,Leung y Fan, 2013).

Tal es el caso de los minoristas de la moda rápida (Zara, H & M, Topshop, etc.), quienes producen imitaciones baratas de la moda de gama alta más actualizada y son entregados a los consumidores en pocas semanas en lugar de cada temporada. Debido a la tendencia y los precios baratos, los consumidores compran modas rápidas, lo cual conlleva a comprar más que antes. A su vez, esto es debido a la fácil disponibilidad de medios y revistas que cubren noticias de moda, estilos de pasarela y apariencia de celebridades, lo cual conlleva a que los consumidores estén cada vez más interesados en la moda y la apariencia (Ciarniene & Vienazindiene, 2014).

Independientemente de la recesión económica de los últimos años, la venta al por menor creció significativamente. El éxito de las modas rápidas se evidencia, por ejemplo, Inditex (Zara), España, en los últimos cinco años experimentó un crecimiento de ventas del 47 por ciento y se convirtió en el mayor minorista de la moda, la cual ahora se le hace referencia a este mercado como "fast-fashion" (Ciarniene & Vienazindiene, 2014).

En el sector de la confección de prendas de vestir a nivel mundial, Indetex (Zara) marca la diferencia en el uso de algunos conceptos de LPDS (Sistema de Desarrollo de Productos Lean), estando en la capacidad de llevar sus diseños desde el tablero de dibujo a la vitrina de la tienda en 10 o 15 días, utilizando sistemas que unen eficazmente los clientes con sus áreas de producción y distribución (Barón Maldonado & Rivera Cadavid, 2014). La producción de prendas de vestir se divide en cuatro fases principales: generación de patrones de ropa, corte de

tela, costura y planchado. La fase más crítica es la fase de costura, ya que generalmente implica un gran número de operaciones (Chen, Chen, Su, Wu, & Sun, 2012).

La línea de costura consiste en un conjunto de estaciones de trabajo en las que se procesa una tarea específica en una secuencia predefinida. En general, una o varias tareas se agrupan en una estación de trabajo, donde se asignan tareas a los operadores dependiendo de las limitaciones de los diferentes niveles de habilidad laboral. Los directores de taller se preocupan por el equilibrio de las líneas asignando las tareas a las estaciones de trabajo de tal manera que sea lo más equitativa posible, es decir, lo ideal sería que la línea tenga la misma capacidad de producción en todas sus estaciones de trabajo (Chen et al., 2012).

Sin embargo, en la práctica, el sistema de producción de paquete progresivo y una carga de trabajo desigual (desequilibrio de la capacidad de producción) entre las estaciones de trabajo de una línea de costura, conducen al aumento tanto del inventario en proceso (WIP) como del tiempo de espera, lo que indica el incremento del tiempo y el coste del ciclo de producción (Das, Venkatadri, & Pandey, 2014). Además, las piezas defectuosas se ocultan dentro de los lotes y es muy difícil identificarlas mientras se completa la cantidad de pedido final (Chen et al., 2015; Kumar & Thavaraj, 2014).

En el sector de las confecciones las empresas se clasifican por el tipo de servicio que brindan, los cuales son: Maquila, Paquete completo (Full Package), Marca propia y Licencia. Hoy en día el servicio más solicitado es el de paquete completo (Arrieta, Botero & Romano, 2010). Por otro lado, en la industria de la moda si los pedidos no se cumplen a tiempo, la probabilidad de perder el negocio es alta. Debido a las pequeñas cantidades de pedidos y diseños complejos, la industria de la confección tiene que producir estilos múltiples incluso dentro de un día. Esto requiere una mayor flexibilidad en el volumen y el cambio de estilo, por ello la mejor manera de hacer frente a todos estos desafíos es la aplicación del Lean Manufacturing (Gómez y Godinho, 2016; Mok et al., 2013; Senthil y Rivera, 2015).

El Lean Manufacturing (LM) o manufactura esbelta es un enfoque sistemático para eliminar cualquier tipo de residuos de las operaciones de fabricación. Se introdujo en Toyota, inicialmente denominado Sistema de Producción de Toyota, y ha evolucionado de ser enfocada en el mundo automotor a casi todos los sectores manufactureros. LM es una de las prácticas modernas que

muchas empresas de todo el mundo han adoptado para agilizar los procesos de producción y lograr la optimización de los recursos (Alaskari, Munir y Pinedo, 2016; Arrieta et al., 2010; Salonitis y Tsinopoulos, 2016). El principio central del LM es maximizar el valor proporcionado a los clientes mientras que minimiza el desperdicio. Esto se logra identificando el valor desde el punto de vista del cliente, identificando el flujo de valor, eliminando todos los pasos que no crean valor, de tal manera que se crea un flujo continuo orientado hacia el cliente (Dorota, 2014; Krishna y Kodali, 2016).

Las herramientas lean más utilizadas son: 5S, Value Stream Map (VSM), sistema Kanban, tiempo de cambio de herramienta (SMED), administración visual, Poka Yoke, Los grupos Kaizen, 6 sigma, Células de manufactura y Mantenimiento total de la Producción (TPM). Los beneficios reportados de implementar lean incluyen: calidad mejorada del producto; Tiempos de entrega, tiempos de ciclo, inventario, costo por unidad reducidos; Productividad mejorada, empleados más felices y clientes satisfechos (Ainul, Pulakanam y Pons, 2017; Arrieta et al., 2010). Una de las potentes herramientas para evaluar el estado actual de una empresa es el Value Stream Mapping (VSM), el cual permite ver el flujo de información y materiales, además permite identificar todas las activaciones (valor agregado y no valor agregado) que son esenciales para llevar un producto a través de los flujos principales, comenzando con la materia prima y terminando con el cliente. El objetivo principal de VSM es encontrar diferentes tipos de desechos e intentar eliminarlos (Marudhamuthu, Krishnaswamy y Moorthy, 2011; Mohd y Mojib, 2015).

La adopción de los principios LM inicialmente da la apariencia de simplicidad, la implementación exitosa requiere un liderazgo fuerte, planificación detallada y personal capacitado en la filosofía de las herramientas y técnicas de fabricación lean. La bibliografía indica que no todas las implementaciones lean han producido resultados favorables, debido principalmente a la falta de comprensión de la filosofía y su utilización (Ainul et al., 2017; Alaskari et al., 2016; Salonitis y Tsinopoulos, 2016). Principalmente, la amplia variedad de herramientas del LM disponibles para reducir el desperdicio puede ser confusa, en particular para las pequeñas y medianas empresas (PYME) cuyo conocimiento de las herramientas Lean y sus principios asociados es limitado (Alaskari et al., 2016). Por ello es de suma importancia las etapas preparatorias de lean y la conciencia de las características de la empresa y los desafíos

potenciales que el proceso de adopción lean podría traer, es decir la adopción exitosa de lean requiere orientación a largo plazo e incluso la capacidad de sacrificar los beneficios a corto plazo con el fin de lograr mejoras duraderas sostenibles que finalmente deberían conducir a la creación de la cultura lean; ya que de lo contrario, incrementa el riesgo de abandonar el proceso demasiado pronto y perder así la oportunidad de cosechar todos los beneficios que se derivan de la mejora (Dorota, 2014).

Sin embargo, existen evidencias de una microempresa colombiana de confección llamada Equilibra, ubicada en Cali, logró que el desarrollo de sus productos sea más ágil aplicando lean. La propietaria de dicha empresa es la autora del presente caso de éxito, quien buscó mejorar el proceso de desarrollo para que la empresa pueda volver a ofrecer el servicio de blusas personalizadas que anteriormente no respondía a las necesidades del cliente. El desarrollo de productos de Equilibra se basó principalmente en el sistema de desarrollo de producto Lean de Toyota (LPDS), el cual tiene como principal misión asegurar que el producto final cumpla con las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente entregándole lo que este realmente valora. El nuevo sistema equilibra consta de siete etapas: establecimiento del valor para los clientes; desarrollo de concepto de la pre-colección; formulación de metas, objetivos y tareas; recolección de información; diseño de subsistemas y procesos; construcción de prototipos; y colección final y producción justo a tiempo. A través de esta implementación el desarrollo de productos de la empresa Equilibra mejoró en el tiempo de ciclo, de 3 meses a 20 días; el porcentaje de aprobación de la colección, de 26% a 100%; reducción del 50% en la compra de referencias de tela; y por último se implementó un sistema de evaluación y selección de proveedores (Barón y Rivera, 2014).

Existe otro estudio realizado a una compañía de prendas de vestir, la cual tenía 14 sucursales en la India, que a pesar de haber realizado una fuerte inversión en maquinaria no había un incremento significativo de la producción. Después de realizar una tormenta de ideas y un estudio exhaustivo en las sucursales, se identificó que en las líneas de flujo de material contenía varias causas que generaban actividades sin valor agregado, tales como la distancia entre el área de corte al área de producción; y los cambios de estilo en las líneas de producción. Por tal motivo, se aplicó las herramientas de VSM y SMED en sus líneas de producción; el VSM consistió de 5 etapas: selección del proceso a ser mapeado, recopilación de datos y mapeo del

estado existente, analizar el estado existente, mapeo e implementación del estado futuro, y actividades sin valor agregado; con respecto al SMED fue implementado por los siguientes pasos: se deriva la secuencia de operaciones realizada en el estilo futuro, después de completar la primera operación en el estilo existente, la primera máquina del estilo existente fue remplazada por la primera máquina del estilo futuro, y así sucesivamente para las siguientes operaciones. Con dichas implementaciones se logró incrementar la producción de 19600 piezas/turno a 27440 piezas/turno. Por lo tanto, el 40% de la tasa de producción del área de corte se incrementó. También, en su estado actual para realizar un cambio de estilo a otro se demoraba 28 minutos reduciendo a 8 min 10 seg. con la aplicación de las herramienta SMED. Sin embargo, consideran que el éxito completo de aplicar Lean depende de una estrecha comprensión entre la dirección y el personal de planta (Marudhamuthu, Krishnaswamy y Moorthy Pillai, 2011).

Otro caso de éxito evidencia la aplicabilidad de Lean en una fábrica de confecciones, donde el autor del presente caso propone enfocar los esfuerzos en reducir todo tipo de desperdicio que se pueda generar en el proceso de producción, con la finalidad de ser competitivos o en el peor de los casos subsistir en el mercado. Mediante el Value Stream Mapp (VSM) y aplicando las técnicas Lean, se logró optimizar los recursos de la línea de costura. La implementación de dichas técnicas consistió en los siguientes pasos: se seleccionó un producto de alto volumen de producción; se graficó el mapa de flujo de valor del estado actual; se identificó todo tipo de desechos en la línea de costura tales como el desequilibrio de la línea, diseño ineficaz del proceso, unidades defectuosas frecuentes, retrasos de flujo y la falta de un esquema de monitoreo efectivo; se balanceó la línea; se rediseñó la línea; y se implementó una nueva política de calidad. Mediante lo expuesto se logró la reducción del 96% en los residuos de producción y del 43% en los plazos de entrega. El lead time se redujo de 5,322 días a 3,04 días, reduciendo en un 43% (Obeidat, Pei & Al-Aomar, 2012).

Por último, en una compañía Italiana se aplicaron soluciones Lean para el proceso de almacenamiento de bolsos de cuero. La motivación del presente caso es adecuar las herramientas Lean al mercado de lujo de la moda de bolsas y además, identificar las características que puedan actuar como barreras de implementación. En la compañía se aplicó una combinación de dos principios Lean tomada de 5S y de las técnicas SMED. Con respecto al primer principio cada estación de trabajo ha sido equipada con una jaula de rollos con estantes dedicados a cada tipo de

caja; de acuerdo con el segundo principio, con el fin de minimizar los tiempos de puesta en marcha, al comienzo de un turno cada trabajador va al área de almacenamiento y repone la jaula con cajas perdidas. Esta última aplicación demora 10 minutos, lo cual disminuye el tiempo disponible de siete horas y 45 minutos, a siete horas y 35 minutos por turno. Sin embargo, esta pérdida de tiempo está ampliamente compensada por la simplificación de la siguiente actividad (es decir, para empaquetar siempre hay cajas disponibles), que ahora tarda sólo 35 segundos en completarse. Vale la pena señalar que, gracias a esta reducción, seis trabajadores en lugar de siete son suficientes para cumplir con el Takt Time deseado de 29 segundos/artículo. Además, en esta configuración, la saturación media de la fuerza de trabajo ha aumentado hasta el 87 por ciento, un valor que está mucho más alineado con el de las máquinas de embalaje (Carmingnani y Zammori, 2015).

Por otro lado, las normas que rigen el sector de textil y confecciones de exportación son: Régimen de exportación definitiva (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria [SUNAT], 2016) con base legal de la ley general de aduanas, reglamento de la ley general de aduanas, tabla de sanciones aplicables a las infracciones previstas en la ley general de aduanas, procedimiento general de exportación definitiva; Normas Técnicas Peruana de Textiles (Centro de información y documentación del Inacal [CID], 2016) y las Normas sobre Legislación Laboral del Régimen Privado (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo [MTPE] , 2015).

2.2.Marco teórico

2.2.1. Lean Manufacturing

El término Lean se utilizó por primera vez por John Krafcik en 1988 (Krafcik, 1988) y posteriormente por Womack et al. (1990) para describir el Sistema de Producción Toyota (J. Womack, Jones, & Ross, 1990) enfocándose en eliminar el desperdicio y lo que no añade valor (Ainul et al., 2017). La manufactura esbelta es un sistema de producción flexible que utiliza menos recursos a lo largo de todos los procesos de la organización buscando el cumplimiento de pedidos y programas de producción, menos espacio, menos esfuerzo, menos trabajadores, menos inventario, menos tiempo de proceso, menos tiempo de entrega, menos defectos, menos

reprocesos, entre otros, ofreciendo al mercado calidad de producto, tiempos de entrega reducidos y flexibilidad (Carvallo, 2014; Panwar, Jain, y Rathore, 2015) .

La Manufactura Esbelta, consiste en la aplicación sistemática y habitual de diferentes técnicas para el mejoramiento de los procesos productivos. Entre ellas se encuentran las 5s, los sistemas SMED, Los sistemas Poka Yoke, los grupos Kaizen, los procesos de mejoramiento basados en 6 sigmas, el desarrollo de células de manufactura, Value Stream Mapping, entre otros (Arrieta et al, 2010).

Se puede concluir que Lean es más bien una filosofía que busca la mejora continua y la eliminación de actividades que no aportan valor o despilfarros, involucrando a todo el personal para lograrlo.

Valor agregado

Se define valor agregado a las características que un artículo ha adquirido luego de realizar una actividad, y que son apreciadas por el cliente. Aquellas actividades que añaden valor para el cliente se denominan VA (value adding). A las actividades que no agregan valor en absoluto se denominan NVA (non-value adding), y deberían ser eliminadas del proceso. Por último, cabe señalar aquellas actividades necesarias para el sistema o proceso que no agregan valor para el cliente, pero se realizan porque aportan valor para la empresa se denominan NNVA (necessary but non-value adding), y deberían ser optimizadas o reducidas al mínimo posible (Carvallo, 2014).

Muda y Teoría de los siete desperdicios

La palabra japonesa muda significa “desperdicio”, definido como todo aquello que no agrega valor y por lo que el cliente no está dispuesto a pagar. Dentro de los desperdicios, se tiene una clasificación de siete diferentes tipos: defectos (en productos), sobreproducción (productos para los que no existe órdenes de producción; esto es producir productos antes que el consumidor lo requiera, lo cual provoca que las partes sean almacenadas y se incremente el inventario), esperas (recursos productivos esperando su turno para llevar a cabo actividades en la cadena de valor), transporte (movimiento innecesario de algunas partes durante la producción debido a deficiente métodos), sobre procesamiento (trabajo innecesarios, los cuales agregan costos en lugar de valor

al producto), inventario (productos esperando su posterior uso o procesamiento) y movimientos innecesarios (movimientos innecesarios hecho por el personal durante sus actividades) (Villaseñor y Galindo, 2007).

2.2.2. Pensamiento Esbelto

El pensamiento Esbelto proporciona una manera de hacer más y más con menos y menos esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo y menos espacio, mientras ofrece a los clientes exactamente lo que necesitan y quieren. Se trata de un poderoso antídoto contra todos los tipos de muda que se presenten en las organizaciones y que no les permite ser flexibles. Es un sistema que proporciona una forma de especificar el valor, alinear actividades creadoras de dicho valor a lo largo de sus procesos, realizar las actividades sin interrupciones y cuando alguien solicite, y realizarla de manera efectiva. Este pensamiento esbelto se soportada en cinco principios básicos, que son: identificar y definir que agrega valor para el cliente (Value), identificar las cadenas de valor (Value Stream), crear un flujo continuo (Flow), permitir que el cliente jale lo que requiere (Pull) y perseguir la perfección (Perfection) (Villaseñor y Galindo, 2017; Womack & Jones, 2003).

Figura 1
Pasos de Manufactura Esbelta

Fuente: Villaseñor & Galindo ,2007

Valor

El punto de partida para el pensamiento esbelto es el valor. Lo único que importa producir es lo que el cliente realmente percibe como valor. Por lo que un aspecto esencial en este principio es entender quién es el cliente (interno o externo) y qué quiere. Es decir comprender sus necesidades, expectativas y requerimientos e incorporarlos a los procesos de trabajo. Proporcionar un producto o servicio incorrecto de forma correcta es desperdicio.

Mapa de Valor

El mapa de valor es el conjunto de todas las acciones requeridas para pasar un producto específico por tres tareas de gestión críticas de cualquier empresa, la tarea de solución de problemas, la tarea de gestión de la información y por último, la tarea de transformación física. Cada tarea, función o actividad debe añadir valor. Hay que identificar el camino de valor con el fin de eliminar la muda, desde que se introduce la materia prima, se transforma, hasta que se entrega el producto terminado al cliente. El objetivo es identificar todas aquellas actividades que no agreguen valor al proceso, con el fin de minimizarlas, modificarlas o eliminarlas del proceso de trabajo.

Flujo

Hay que conseguir que el producto fluya continuamente agregando valor y eliminar, en la medida de lo posible, la producción por lotes (sobre todo de los lotes grandes). Para llegar a un movimiento continuo del proceso hay que eliminar los obstáculos representados en máquinas que constituyen cuellos de botella y eliminar los transportes innecesarios debido al layout mal diseñado.

Jalar

Jalar significa que nadie debe producir un producto o servicio hasta que el cliente pregunte por él. Es decir, producir a demanda del cliente, tratando de dar en todo momento una respuesta rápida a sus peticiones, con lo que se evita o minimiza la sobreproducción y la acumulación de inventarios.

Perfección

La perfección en el pensamiento Lean no sólo significa librar de defectos y errores los procesos y productos, también implica la entrega a tiempo de productos que cumplan con los requerimientos del cliente, a un precio justo y con la calidad especificada. En otras palabras, la gestión de la perfección es una batalla continua para eliminar la muda, que nunca tiene fin, ya que reducir tiempos, costos, espacio, errores y esfuerzos inútiles es una acción permanente que toda organización debe llevar a cabo. (Villaseñor y Galindo, 2007, p. 23)

2.2.3. Herramientas y técnicas de Lean Manufacturing

Mapa de la cadena de valor (value stream map)

Es una herramienta que persigue identificar todas las actividades que ocurren a lo largo de un flujo de valor para un producto o familia de productos en una organización. Para llevar esto a la práctica deben recogerse todos los datos de la planta. Esta tarea no es necesariamente una actividad individual, ya que es importante desde el inicio, involucrar a todos los miembros que participarán en el desarrollo del proyecto de implantación de los sistemas lean. Mike Rother conoció el método de trazar mapas mientras estudiaba las formas en las que Toyota llevaba a la práctica el sistema Lean, descubriendo su gran potencial que tenía. Formalizó la herramienta, y construyó un método de entrenamiento la cual demostró ser extraordinariamente exitosa y junto a John Shook decidieron llamarla value stream map, la que fue introducida por primera vez en el libro *Learning to See, Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. (Rother & Shook, 1999, p. 4)

Según la definición es una herramienta de lápiz y papel que le ayuda a ver y comprender el flujo de material e información mientras el producto pasa por la cadena de valor. Los pasos para realizar el mapa de cadena de valor según Rother & Shook son: a) dibujar el estado actual de la cadena de valor, lo cual se hace recopilando información. b) dibujar el estado futuro de la cadena de valor y c) elaborar el plan de trabajo y ejecución. (Rother & Shook, 1999, p. 6) Los beneficios de la aplicación del VSM son: ayudar a visualizar más de un simple proceso, vincular el flujo de información y el de materiales en un solo mapa utilizando un único lenguaje, de esta manera obtener un sistema estructurado para implementar mejoras. (Rajadell y Sanchez, 2010, p.35)

Los iconos y símbolos para el mapeo del estado actual y futuro se dividen en íconos de material, íconos de información e íconos generales, los cuales son los siguientes:

Proceso de manufactura

Una casilla de proceso es igual a un área de flujo. Todos los procesos deberían estar etiquetados. Utilizados también por departamentos tales como control de producción.

Fuentes externas

Utilizado para mostrar clientes, proveedores, y procesos de manufactura externos.

Celda de datos

Utilizada para registrar información respecto a proceso de manufactura, departamento, cliente, etc.

Inventario

Se debe anotar la cantidad y el tiempo de trabajo que representa.

Envío de camión

Anotar la frecuencia de embarques.

Movimiento de material de producción

Material que es producido y movido.

Movimiento de producto terminado al cliente

Flujo manual de información

Flujo de información electrónica

Información

Describe un flujo de información.

Operador

Representa una persona vista desde arriba.

Supermercado

Figura 2
 Mapa de cadena de valor

Fuente: Rother & Shook, 1999:32-33

Celdas de Manufactura Flexible

El sistema de Celdas de Manufactura Flexible es una técnica que consiste en trabajar en equipo con flujo continuo, se procesa pieza por pieza desde la primera operación hasta su empaque final. Este sistema, está constituido por operarios que mantengan el balance de línea, únicamente una prenda es la que circula entre operación y operación, eliminando el manejo de paquetes, característico de la industria.

En la línea modular no existen los paquetes, las prendas pasan una por una, de mano en mano, habiendo teóricamente en cada puesto de trabajo una pieza.

Este sistema es una nueva forma de trabajar que lleva consigo una redefinición de la producción. Pasando de los puestos de trabajo en línea recta a líneas en forma de “U” o semicirculares, con una distribución de máquinas y puestos de trabajo que favorezcan la integración y la colaboración de las personas. Las razones para poder llevar a cabo una implementación modular son la reducción de los costos del producto, incremento de la calidad del producto, reducción de porcentajes de rechazos, respuesta rápida a las exigencias del mercado, desarrollo de operarios multifuncionales, entre otros.

Figura 3
Línea Modular Flexible

Fuente: Carvallo (2014)

Las etapas para el diseño de celdas de manufactura son las siguientes:

1. Elaborar el esquema del proceso.
2. Elaborar diagrama de operaciones.

3. Elaborar matriz de familias de productos.
4. Elaborar mapeo de procesos antes de la implementación de celdas de manufactura.
5. Realizar el cálculo de la capacidad de producción antes de la implementación de celdas de manufactura.
6. Elaborar el bosquejo de las celdas de manufactura.
7. Elaborar el mapeo de proceso futuro para la implementación de celdas de manufactura.
8. Realizar el cálculo de la capacidad de producción futura para la implementación de celdas de manufactura.
9. Elaborar el diagrama de bloques del proceso antes de la implementación de celdas de manufactura.
10. Elaborar el diagrama de bloques del proceso futuro de la implementación de las celdas de manufactura.
11. Requerimientos para Layout futuro.
12. Dibujar el Layout de la fábrica o área antes de la implementación de las celdas de manufactura.
13. Dibujar el Layout futuro de la fábrica o área de las células de manufactura.

El Layout de la fábrica debe ser apropiado para la producción de una pieza, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones:

13.1 Reordenar el layout de la fábrica para que sea apropiado para el flujo global de una pieza.

13.2 La fábrica debe incluir rutas claras de paso.

13.3 La línea de producción debe distinguir claramente entre entradas de materiales y salidas de producto (Almeida, Abreu, Tortorella, & Denicol, 2015).

Sistema Pull

Se trata de un sistema basado en que cada proceso retira las piezas del proceso anterior en el instante y en la cantidad en que las va necesitando. Todo ello con el objetivo de conseguir un flujo continuo de producción. El flujo pull significa que el material se sustituye en el proceso al mismo ritmo que se consume (Octavian, 2016). [28] El sistema pull se refiere a dos cosas: a) el flujo físico en el que se tira el material en vez de empujarlo por el sistema; b) el procedimiento se utiliza para indicar cuando se necesita más material entre líneas y procesos separados se conoce como kanban.

La razón de utilizar el sistema pull se explica por las ventajas que ofrece:

Optimiza la cadena productiva

Mediante el sistema pull, se analiza con detalle la cadena de valor del producto de tal forma que todo aquello que no añade valor al producto se elimina.

Reduce el lead time

Como es sabido, el lead time, es el tiempo de reacción que tiene la organización para responder a los cambios de la demanda de los clientes, de manera que cuanto más corto sea, más rápido se podrá servir el pedido al cliente.

Reduce los stocks, evitando la sobreproducción

Producir realmente lo que el cliente necesita en el momento preciso, evitando así tener tanto material en curso como producto acabado en exceso (Rajadell y Sanchez, 2010; Takahashi, Doi, Hirotsu, & Morikawa, 2012).

Figura 4
Sistema Pull

Fuente: Elaboración propia

Sistema Kanban

La palabra japonés kanban significa “tarjeta o cartel de tienda”, y es un sistema de control y programación sincronizada del flujo de los materiales en la cadena de valor. Kanban se ha constituido en la principal herramienta para asegurar una alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento adecuado. Las tarjetas kanban contienen datos como la denominación y el código o nombre de la parte o producto, el lugar donde se fabrica, la cantidad de artículos a fabricar, el lugar donde se almacenan los artículos elaborados, la cantidad total de tarjetas kanban emitidas para el pedido, etc. El sistema consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final. Las tarjetas se adjuntan a contenedores o envases de los correspondientes materiales o productos, de forma que cada contenedor tendrá su tarjeta y la cantidad que refleja la misma es la que debe

tener el envase o contenedor. De esta forma, las tarjetas Kanban se convierten en el mecanismo de comunicación de las órdenes de fabricación entre las diferentes estaciones de trabajo.

Figura 5
Sistema kanban entre dos procesos

Fuente: Rother & Shook (1999)

Existen dos tipos de kanban: a) kanban de retiro, también conocido como kanban para mover, que autoriza al personal de acarreo de materiales a retirar y trasladar partes a los siguientes procesos dentro de la planta; b) kanban de producción, también conocido como kanban para hacer, la cual autoriza al proceso y le indica cuántas unidades debe producir de un artículo o parte específicos.

La principal aportación del uso de estas tarjetas es conseguir el reaprovisionamiento único del material vendido, reduciéndose de este modo, los stocks no deseados (Carvallo, 2014; Savino & Mazza, 2015; Villaseñor y Galindo, 2007).

2.2.4. Sistemas de producción en confecciones

Son las diferentes formas de trabajo en la producción bajo las cuales se rige la industria de la confección para transformar la materia prima en una prenda de vestir. De acuerdo con la etapa de producción que se encuentran, las empresas se dividen de las siguientes maneras:

Maquila

Son empresas ensambladoras que realizan un proceso de confección a terceros, mediante un compromiso entre la empresa que realiza el trabajo y el dueño de la producción o de la marca. Se

caracterizan porque utilizan insumos y tecnología generalmente importados; emplean mano de obra local para dar una terminación a los productos que luego se reexportan. (Arrieta et al.,2010, p. 147)

Paquete completo o Full package

Forma de sub-contratación industrial. En éste caso, un fabricante local recibe del contratista las especificaciones detalladas para la prenda de vestir a confeccionar en las instalaciones del fabricante. Los pasos incluyen desde la producción de la tela, los insumos, la confección y el diseño total del producto hasta sus ventas y trámites de exportación. En este caso, ni el producto ni la marca son propiedad de la empresa, y un tercero autoriza a la empresa a fabricarlo bajo la modalidad de paquete completo. (Arrieta et al.,2010, p. 147) El full package representa mayor valor agregado y posiblemente mayores márgenes de rentabilidad, pero a su vez, mayores exigencias y riesgos por las responsabilidades asumidas. Implica un mayor aporte de recursos técnicos y administrativos, mayor inversión en bienes de capital, mayor financiamiento de capital de trabajo y mejores habilidades para el personal contratado para la ejecución de operaciones. Este sistema de producción requiere tres etapas:

a) Planeación y desarrollo de producto

Se elaboran muestras y prototipos con los requisitos pedidos por el contratista. Se establecen las especificaciones técnicas y materiales a emplear, y se prepara un análisis de costeo de la prenda. En países como el Perú la tendencia para los productos full package es que el desarrollo esté provisto por el cliente, a través de requisitos que deben cumplirse y/o una muestra física de la prenda que debe ser reproducida en las instalaciones del subcontratado y luego aprobada por el cliente. De ésta forma el diseño que representa una gran parte del valor de la prenda, no se le otorga al productor.

b) Abastecimiento

Con la aprobación del diseño, se busca el apoyo de proveedores y contratistas que van a asegurar la entrega oportuna y confiabilidad de los suministros. Para esto los empleados se apoyan en la tecnología de la información.

c) Distribución

Una vez terminada la prenda, debe ser empacada y puesta en embarque. Se busca rapidez y seguridad en la entrega a pesar que puedan ser órdenes pequeñas para el cliente.

Marca Propia

En ésta fabricación, la confección de la prenda se lleva a cabo en las instalaciones del representante o dueño de la marca, de manera que lo puede fabricar y comercializar sin problemas. Se diseña una marca propia que incluye el diseño, desarrollo y venta, de ésta forma se maximiza el valor agregado y en la cual productores deben buscar una mayor diferenciación.

Licencia

Este sistema es usado por las multinacionales de ropa. En esta modalidad, la empresa internacional negocia con una empresa local el uso de su marca. La empresa local diseña, selecciona las materias primas, insumos, produce las prendas, comercializa y distribuye. Eventualmente, la casa matriz puede dar licencia para que la empresa nacional comercialice las prendas con su marca en diferentes países. Obviamente, la empresa nacional aprovecha la popularidad de la marca internacional. (Arrieta et al.,2010, p. 147)

Figura 6
Sistema de producción en confecciones

Fuente: Elaboración propia

2.2.5. Sistemas de producción en Costura

La producción en costura se puede realizar mediante los sistemas de prenda completa, por proceso, en línea, o modular. Cada uno tiene su propio ámbito de aplicación, ya que sus características son de acuerdo al tipo de producto y demanda. En el sistema de prenda completa, la fabricación de la prenda se lleva a cabo en una sola ubicación y los operarios (usualmente uno solo) realizan la confección de manera completa. En el sistema por proceso, se divide en departamentos especializados en un tipo de proceso y los diferentes productos van pasando por dichos departamentos, hasta que se concluya la fabricación. El sistema en línea, consiste en armar líneas de producción especializadas en la confección de determinados modelos, asignando puestos de trabajo según la secuencia de operaciones y realizando un balance de línea.

El sistema modular aplica celdas de manufactura flexibles en U y consiste en armar líneas de producción pequeñas con la mínima cantidad de operarios posible, e ir confeccionando las prendas una a una. De acuerdo al tamaño de lote utilizado, la producción en costura puede realizarse mediante los sistemas de paquete progresivo o de producción unitaria. El sistema de paquete progresivo, las piezas cortadas se agrupan en paquetes de treinta a cien prendas. Al ingresar a producción, estos paquetes se van moviendo de una operación a otra, a lo largo de la línea, hasta que en la última operación se obtiene un paquete de prendas terminadas. Para pasar a la operación siguiente, es necesario que todas las prendas hayan sido terminadas en la operación actual, ya que la unidad de producción y el traslado no es la prenda, sino el paquete. Teniendo como inconvenientes la acumulación de stock en proceso, demoras y problemas de balance. El sistema de producción unitaria consiste en ingresar y fabricar las prendas una a una (Kumar & Thavaraj, 2014).

Figura 7
Sistema de producción en costura

Fuente: Elaboración propia

2.2.6. Descripción del proceso típico de costura

El proceso de costura consiste en ensamblar las piezas cortadas según el diseño, obteniendo una prenda completa. Las piezas básicas de una prenda convencional son el delantero, la espalda, las mangas y el cuello en un Tshirt- básico; sin embargo, existen muchas variantes de acuerdo al modelo. El ensamble de las piezas se realiza a través de una serie de operaciones que se llevan a cabo mediante la utilización de máquinas de coser especializadas por tipo de costura.

Figura 8
Proceso de costura

Fuente: Elaboración propia

2.2.7. Balance de Línea Modular

El objetivo del balanceo modular es distribuir las cargas de trabajo en forma equitativa a los operarios polifuncionales que conforman el módulo, para ello es necesario la estimación de los tiempos de producción de cada operación que conforman el ensamblaje de la prenda. Así en la Tabla 1, se determina el tiempo estándar de cada una de las operaciones de una prenda (T-shirt) y la maquinaria a utilizar. Además, el tiempo estándar total es la sumatoria de los tiempos individuales. Por otro lado, se considera para el ejemplo los minutos diarios de trabajo por operario (480 min), la producción proyectada (550 prendas/día) y una eficiencia al 100%. Con esta información se obtiene el tiempo necesario en minutos por cada operación, multiplicando el tiempo estándar individual con la producción proyectada del módulo. Luego, se debe indicar el número de prendas por hora a fabricar en cada operación. Posteriormente, considerar la cantidad de personas teóricas que deben realizar cada operación, que es el resultado de dividir los minutos por operación entre los minutos diarios de trabajo por operario. Por último se realiza la asignación de operarios de tal manera que la carga de trabajo para cada persona y maquina esté plenamente ocupada (Rubinfeld, 2005).

Tabla 1
Balance de Línea

BALANCE DE LÍNEA MODULAR				Estilo	T-SHIRT BÁSICO							
Descripción:												MODELO
MINUTOS DIARIOS DE TRABAJO:				480	Cliente: EMPRESA ABC
REDUCCIÓN:				0.03								
TOTAL To+s:				8.06	Eficiencia Línea: 100%							
OPERARIOS EN LÍNEA:				10.00								
PRODUCCIÓN PROYECTADA (Unidad/día):				550								

N° Operación	BLOQUE	SECUENCIA	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	MÁQ	To+s	Minutos x operación	Eficiencia Real	P/H por persona	Puestos Teóricos	Operario asignados	Máquinas por Módulo	Grado de ocupación de la máquina
10	CUELLO	2	CERRAR CUELLO	CR1	0.17	93.50	100%	352.94	0.19	A	1	19%
20	ENSAMBLE	1	UNIR HOMBROS	RM	0.57	313.50	100%	105.26	0.65	B	1 , op30	
30	ENSAMBLE	3	PEGAR CUELLO + ETIQUETA	RM	1.17	643.50	100%	51.28	1.34	C/B	1	
40	ENSAMBLE	4	TAPETE HOMBRO A HOMBRO	TAPE	0.87	478.50	100%	68.97	1.00	D	1	100%
50	ENSAMBLE	5	BASTA DE MANGAS	RECU	0.97	533.50	100%	61.86	1.11	E/A	1	
60	ENSAMBLE	6	PEGAR MANGAS Y CERRAR COSTADOS	RM	2.07	1138.50	100%	28.99	2.37	F/G/A	3	87%
70	ENSAMBLE	7	BASTA DE FALDÓN	RECU	0.97	533.50	100%	61.86	1.11	H/I	2 , op50	74%
80	ENSAMBLE	8	INSPECCIÓN FINAL	MAN	1.27	698.50	100%	47.24	1.46	J/I		
					8.06				9.24	10	10	78%

Fuente: Elaboración propia

2.2.8. Normativa

Ley N° 28015

Según el artículo 5 de la ley N° 28015, las características de los micros, pequeñas, medianas y grandes deben ubicarse en alguna de las siguientes categorías empresariales, establecidas en función de sus niveles de ventas anuales:

Microempresa: ventas anuales hasta el monto máximo de 150 Unidades Impositivas Tributarias (UIT).

Pequeña empresa: ventas anuales superiores a 150 UIT y hasta el monto máximo de 1700 Unidades Impositivas Tributarias (UIT).

Mediana empresa: ventas anuales superiores a 1700 UIT y hasta el monto máximo de 2300 UIT.

Grandes: ventas anuales superiores a 2300 UIT.

Las entidades públicas y privadas promoverán la uniformidad de los criterios de medición a fin de construir una base de datos homogénea que permita dar coherencia al diseño y aplicación de las políticas públicas de promoción y formalización del sector (MTPE, 2015).

Decreto supremo N° 353-2016-EF

El Decreto Supremo N° 133-2013-EF y normas modificatorias, define a la unidad Impositiva Tributaria (UIT) como un valor de referencia que puede ser utilizado en las normas tributarias, entre otros. Según el artículo 1° de dicho decreto, se da la aprobación para el año 2017, el valor de la Unidad Impositiva Tributaria (UIT) como índice de referencia en normas tributarias de Cuatro Mil Cincuenta y 00/100 Soles (S/ 4 050,00) (El Peruano, 2016).

2.2.9. Matriz de Identificación de Stakeholders

Para poder identificar los stakeholders del modelo propuesto por el grupo de investigación, se ha utilizado como base la matriz de identificación de stakeholders propuesta en ICRA 2015, la cual se muestra a continuación:

Tabla 2

Matriz de identificación de Stakeholders de ICRA

Stakeholders	Do you consider this person, group or organization a key stakeholder?	Why or why not?
1	(yes/no)	(reason)
2		
N		

Fuente: Elaboración propia (data: ICRA 2015)

Esta matriz está compuesta por tres columnas. La primera columna, es una lista de los posibles stakeholders de la organización. Esta lista puede ser elaborada a partir de información secundaria, entrevistas con agentes claves, focus group, lluvia de ideas etc. La segunda y tercera columna, pregunta si el stakeholder puede ser considerado clave o no y por qué. En el período de las sesiones no debe limitarse a identificar qué partes interesadas se consideran clave, sino tomar nota de las razones por las que un interesado (y / o su contribución) se considera importante o no (ICRA, 2015).

La metodología usada para definir los stakeholders clave del modelo es la de Mitchell, Agle y Wood (Bernal Y Rivas 2012), que establece tres atributos básicos que se deben cumplir para ser definidos como tales:

Poder: Capacidad del stakeholder de influenciar a la organización.

Legitimidad: Se refiere a la relación y a las acciones del stakeholders con la organización en términos de deseabilidad, propiedad o conveniencia.

Urgencia: Capacidad de obtener atención y la habilidad de impresionar a los personajes críticos para poder reclamar los intereses y metas que son sensibles al tiempo y que si demoran serán costosos.

Figura 9
Identificación de los stakeholders

Fuente: Mitchell, Agle y Wood, 1997

La combinación de estos tres atributos en diferentes composiciones lleva a siete tipos de stakeholders: latentes, discrecionales, reclamantes, dominantes, peligrosos, dependientes y definitivos. Si un grupo no posee ninguno de estos atributos, entonces no es un grupo de interés para la organización. Si posee uno, dos, o los tres atributos, entonces sí lo es y su importancia aumentará con los atributos que posea.

En una segunda instancia, los autores proponen confeccionar la matriz de poder, la de urgencia y la de legitimidad:

Tabla 3
Formato de matriz de poder, urgencia y legitimidad

N°	Stakeholders	Poder	Legitimidad	Urgencia	Promedio	¿Es un stakeholder clave? (si/no)
1	Actor 1					
2	Actor 2					
3	Actor 3					
4	Actor 4					
5	Actor 5					
6	Actor 6					

7	Actor 7
8	Actor 8
n	Actor n

Fuente: Elaboración propia (data: PAOLA ACUÑA 2012)

Los datos son cuantitativos, pero son resultados de la ponderación del profesional que realice el modelo. El modelo de Mitchell es por ahora el único que operacionaliza las relaciones con los stakeholders (Acuña, 2012 ; Bernal & Rivas, 2012).

A partir, de la categorización se elaboró una matriz de identificación donde los atributos de Mitchell, Agle y Wood son usados para determinar si los stakeholders son claves. Para esto, se desarrolló una escala de valoración, la cual se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 4

Escala de valoración para la Identificación de stakeholders

Calificación	Descripción
1	Nulo
2	Leve
3	Moderado
4	Alto
5	Muy Alto

Fuente: Elaboración propia

Cada stakeholder propuesto es valorado (del 1 al 5) en los tres atributos, si estos logran un promedio de 4 o más, entonces es considerado como un stakeholder clave.

2.2.10. Matriz de Leopold

La Matriz de Leopold fue desarrollada por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de los Estados Unidos para evaluar, en un principio, los impactos relacionados a proyectos mineros. Posteriormente, su uso fue extendido a proyectos de construcción de obras. Este método se basa principalmente en el desarrollo de una matriz con la cual se establecen relaciones de causa-efecto de acuerdo a características particulares de cada proyecto.

Esta matriz posee una lista de control bidimensional. En una dimensión, se muestran las características individuales de un proyecto (actividades, propuestas, elementos de impacto, etc.), mientras que en la segunda dimensión se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto. Su utilidad radica en el listado y chequeo de información cualitativa de relaciones de causa-efecto, así como el ordenamiento de los resultados de la evaluación (Universidad Nacional Rio Negro, 2013).

La Matriz Leopold permite evaluar en cada interacción dos dimensiones: magnitud e importancia.

Magnitud: Esta dimensión permite valorar el grado del impacto o de la alteración potencial que puede ser provocada.

Importancia: Permite valorar el nivel de significancia del potencial impacto, es decir, en qué medida es importante el impacto para cada interacción.

Para fines de la investigación, se ha visto conveniente utilizar las siguientes escalas para cada dimensión:

Tabla 5

Escala de valoración para la Matriz de Leopold

Magnitud		Importancia	
Puntaje	Criterio	Puntaje	Criterio
-3	Totalmente perjudicial	1	Baja
-2	Perjudicial	2	Media
-1	Ligeramente perjudicial	3	Alta
0	Neutro		
1	Ligeramente beneficioso		
2	Beneficioso		
3	Totalmente beneficioso		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Asignación de puntuación

Fuente: Elaboración propia

Al tener como referencia estas escalas, se procede a completar la matriz con la asignación del puntaje respectivo según sea conveniente en cada interacción. Para el uso de este método, como una herramienta que permita analizar el impacto de las propuestas sobre los stakeholders, es necesario identificar las interacciones existentes entre cada uno de ellos.

La Matriz de Leopold a utilizar para la evaluación de impactos sobre las propuestas se basará en el siguiente formato:

Tabla 7

Formato de Matriz de Leopold

Stakeholders	Aspecto	Modelo 1	Modelo 2	...	Modelo n	TOTAL
Stakeholder1	Aspecto 1					
	Aspecto 2					
	Aspecto 3					
Stakeholder 2	Aspecto 1					
	Aspecto 2					
	Aspecto 3					
.	Aspecto 1					
.	Aspecto 2					
.	Aspecto 3					
Stakeholder n	Aspecto 1					
	Aspecto 2					
	Aspecto 3					
	TOTAL					

Fuente: Elaboración propia (data: RIO NEGRO – UNIVERSIDAD NACIONAL 2013)

3. CAPÍTULO II

3.1. Antecedentes

El sector textil y prendas de vestir tiene una participación de 24% de las exportaciones netamente manufactureras, registrando un valor FOB de 1,323.88 millones de dólares de los cuales en el periodo de enero – junio totalizan un valor de 401.49 millones de dólares para el sector de prendas de vestir y 190.07 en el sector netamente textil (Figura 9). Los principales destinos de exportación del sector de prendas de vestir son: Estados Unidos (50.2%), Colombia (4.6%), Chile (4.1%), Ecuador (4%), Brasil (3.5%), entre otros (33.5%) (Figura 11) (Sociedad Nacional de Industrias, 2016).

Figura 10
Exportaciones del sector textil y prendas de vestir

Fuente: Sunat

Figura 11
Destino de exportación

Fuente: Sunat

De acuerdo con el Anuario 2015 del Ministerio de la Producción, el desempeño de las exportaciones manufactureras del año 2015 presentan tasas negativas del 12.2% de las exportaciones con respecto al año anterior. Dicho desempeño negativo se debe, principalmente, a la disminución en la demanda externa de productos en el sector textil y confecciones (-26.4%), tomando en cuenta que dicho sector económico representa el 24% de participación de las exportaciones manufactureras en el año 2015 (Figura 12) (Ministerio de la Producción, 2015).

Figura 12
Exportaciones manufactureras

Fuente: Sunat

Por otro lado, en Lima Metropolitana, disminuyó el empleo manufacturero en empresas formales debido, principalmente, a una disminución en el empleo directo generado por la industria textil y confecciones (-4,8%) y la industria de maquinarias y equipos eléctricos (-5,4%). En ambas industrias la fuerza laboral se ha visto afectada por la menor actividad productiva ante la reducción de la demanda externa y por la desaceleración de las inversiones privadas. Con respecto a la industria textil y confecciones, la cual no ha logrado recuperarse y registró menores pedidos del mercado norteamericano y europeo ocasionando la salida de operarios de confección, hilandería, teñido y acabados, así como costureros, personal de despacho y almacén (Ministerio de la Producción, 2015).

3.1.1. Alcance

Se realiza una investigación a las empresas PYME de confecciones de prendas de vestir de tejido de punto de algodón para exportación, que se encuentran ubicadas en Ate, La Victoria, San

Juan de Lurigancho, Santa Anita, Santiago de Surco, Chorrillos, Miraflores, San Luis y Comas. Después de realizar el trabajo de campo y analizar los datos extraídos, se pudo identificar los principales problemas que presenta dicho sector, uno de ellos es el proceso de costura. El objetivo del presente estudio es diseñar y desarrollar una propuesta de mejora en el proceso de costura en base a las herramientas de Lean manufacturing. Asimismo, validar y evaluar la propuesta de mejora, dejándola lista a disposición de las empresas que desean aplicarla.

3.1.2. Contexto

Las exportaciones de productos no tradicionales se han reducido considerablemente al punto de que existen 554 empresas que han dejado de exportar y se han perdido aproximadamente 164 mil puestos de trabajo en el 2015 (ADEX, 2016). Además dicho sector ha tenido una caída del 1,4% debido a las bajas que registraron las grandes, medianas y pequeñas empresas en el 2016 con respecto al año anterior. (Figura 13)

Figura 13

Exportaciones por sector económico

Sector Tradicional				Sector No Tradicional			
Enero-Diciembre:	2015	2016	Var.%	Enero-Diciembre:	2015	2016	Var.%
Grande	22 211,7	24 530,7 ↑	10,4%	Grande	7 235,1	7 185,2 ↓	-0,7%
Mediana	504,7	704,8 ↑	39,7%	Mediana	2 906,3	2 824,9 ↓	-2,8%
Pequeña	61,2	54,4 ↓	-11%	Pequeña	657,8	630,5 ↓	-4,2%
Micro	2,2	3,0 ↑	33%	Micro	107,2	108,6 ↑	1,3%
Total	22 779,8	25 292,9 ↑	11,0%	Total	10 906,5	10 749,2 ↓	-1,4%

Fuente: Sunat

Una de las principales razones que el sector no tradicional haya caído es que el sector textil y confecciones ha sufrido una contracción de -10.2% debido a la menor demanda de los países como Estados Unidos (-9.4%) y Chile (-24.9%). Además, el decrecimiento también se explica por las menores compras de T-shirts de algodón (US\$ 10 millones/ -19,2%) y los demás T-Shirts de algodón (US\$ 8 millones / -11,6%) (PROMPERU, 2017). Es por ello que el presente estudio se basa en el sector textil y confecciones, particularmente en las medianas y pequeñas empresas ya que presentan una mayor tasa de decrecimiento, -2.8% y -4.2% respectivamente (MINCETUR, 2016).

Por otro lado, las prendas de vestir de tejido de punto representan el 89% de las exportaciones totales de prendas de vestir en el periodo Enero – Marzo de 2016, a pesar de la caída de 8.7% con respecto al año anterior en el mismo periodo (Tabla 8).

Tabla 8

Exportaciones de prendas de vestir

Exportaciones de prendas de vestir entre Enero-Marzo 2015/2016 (Miles US\$ FOB)				
Sector/Año	2016	2015	VAR.%	%PART 2016
Total	224,407	250,972	-11%	100%
Prendas de vestir de punto	200,091	219,089	-8.7%	89%
Prendas de vestir de tejido plano	24,316	31,883	-24%	11%

Fuente: Adex

Asimismo, las prendas de punto de algodón tienen un 74% de participación sobre el total de exportaciones de prendas de vestir de tejido de punto y un 26% de participación de otros tipos de materiales. Estos fueron las más afectadas con una caída de 18% debido a la contracción de las exportaciones a Estados Unidos y Venezuela (ADEX, 2016). Por tanto el estudio se centra en prendas de vestir de tejido de punto de algodón, ya que representa un mayor porcentaje en valor FOB de exportación.

Tabla 9

Exportaciones de prendas de vestir de punto

Exportaciones de prendas de vestir de puto entre Enero-Marzo 2015/2016 (Miles U\$\$ FOB)				
Prendas de Vestir/Año	2016	2015	Var%	%Part 2015
Total	217,808	232,738	-6%	100%
De tejido de punto de algodón	161,774	173,385	-7%	74%

De tejido de punto fibras sintéticas o artificiales	37,731	39,290	-4%	17%
De tejido de punto de las demás materias textiles	10,424	12,643	-18%	5%
De tejido de punto de lana y pelo fino	7,880	7,420	6%	4%

Fuente: Adex

A nivel de regiones, las exportaciones se concentraron en Lima (74%) y Arequipa (13%). Los principales productos enviados desde Lima fueron los demás T-shirts de algodón (US\$ 8 millones) y desde Arequipa fue el pelo fino cardado de alpaca (US\$ 5 millones) (PROMPERU, 2017). Es por ello que el estudio se centra en Lima ya que posee el mayor porcentaje de empresas exportadoras (74%).

3.1.3. Tipo de investigación

La presente investigación se caracteriza por ser una investigación mixta, ya que por un lado, utiliza el enfoque cuantitativo para realizar la recolección (entrevistas a las PYME) y el análisis de datos, para establecer patrones generales de comportamiento del sector exportador de prendas de vestir de tejido de punto de algodón; y por otro lado, el enfoque cualitativo, el cual se utiliza para analizar descripciones y observaciones de ciertas características encontradas en dicho sector.

Además, este tipo de investigación es de carácter exploratorio, descriptivo y explicativo. Exploratorio, porque se desea examinar a través de entrevistas, al sector en estudio, respecto la presencia de desperdicios en sus procesos productivos. Descriptivo, ya que busca especificar propiedades, características y perfiles de dicho sector. Y explicativo, porque busca responder el porqué de la ocurrencia de dichos desperdicios presentes en ciertos procesos y bajo qué condiciones se manifiestan (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

3.1.4. Levantamiento de información

A través de la base de datos de ADEX (Data Trade), se identificaron las empresas PYME del sector exportador de prendas de vestir de tejido de punto de algodón, las cuales fueron 248 empresas. Se establecieron 9 distritos con mayor impacto económico de exportación (Figura 14), siendo Ate, La Victoria, San Juan de Lurigancho, Santa Anita, Santiago de Surco, Chorrillos, Miraflores, San Luis y Comas, estas representan un tamaño de población de 144 empresas y, aproximadamente, el 80% de las exportaciones (Valor FOB en Miles US\$) (Anexo 1).

Figura 14
Distritos con mayor exportación en prendas de punto de algodón

Fuente: Elaboración propia

De esta población se trabaja con una muestra probabilística de 46 empresas seleccionadas al azar, con un nivel de confianza del 90% y asumiendo un error del 10% (Anexo 2). Estos valores se deben a que no disponemos del tiempo necesario para realizar el trabajo de campo de levantar información de todas las empresas del sector, la predisposición de aplicar la propuesta, y además, ubicándonos en el mejor de los casos que todas ellas deseen aplicar dicha propuesta se saldría del alcance del estudio; por otro lado, es debido al campo de aplicación, es decir, en el campo de la medicina se debe aplicar valores de 99-1 o 95-5 debido al impacto social que puede

desencadenar; sin embargo, para la presente investigación no justifica dichos valores, lo cual explica los valores de nivel de confianza y error de la presente investigación.

Posteriormente, para recolectar los datos se realizan entrevistas a profundidad con los involucrados, mediante la aplicación de un cuestionario (Anexo 3). El cuestionario está compuesto por preguntas cerradas que contienen opciones de respuestas previamente delimitadas, preguntas donde el participante puede seleccionar más de una opción, jerarquizar opciones y preguntas donde se debe asignar puntaje (Hernández et al., 2010). Por otro lado, preguntas abiertas donde no delimitan las alternativas de respuesta. Para el diseño de la entrevista, se estructura en preguntas generales, que corresponden a la obtención de datos generales que describen las características de la empresa y del sector, que luego deben compararse con los datos obtenidos en la revisión de literatura, basadas en fuentes primarias. Luego, preguntas sobre Lean Manufacturing donde se busca conocer el grado de conocimiento de la técnica, su nivel actual de utilización y su potencial para resolver problemas. Por último, preguntas sobre los procesos y desperdicios del sector de confecciones, para realizar la evaluación y diagnóstico a fin de orientar el enfoque de las propuestas.

Para la etapa del trabajo de campo, cada integrante del grupo se encarga de contactarse con las empresas para poder obtener una cita y proceder a realizar las entrevistas, ya sea con el dueño, gerente general o el ingeniero de planta. Finalmente, procesar la información para realizar el diagnóstico correspondiente.

3.1.5. Problemática

En la actualidad, las exportaciones de prendas de vestir se ven afectadas por la baja competitividad que presentan las empresas peruanas frente a su competencia internacional; lo cual se ve reflejado en la reducción del 41% de las exportaciones del 2016 en el periodo Enero – Marzo con respecto al año anterior en el mismo periodo. Por ello, es casi imposible competir en precios con empresas exportadoras de países como China, Vietnam, Indonesia o Bangladesh. Estos países presentan ventajas comparativas que les permiten reducir sus costos, como mano de obra barata. Además, muchas empresas migran a zonas francas con altas economías de escala para lograr reducir sus costos operacionales (ADEX, 2016).

El Foro Económico Mundial (WEF) evidencia los problemas que presenta el Perú en temas de competitividad; donde ubica al Perú en el puesto 67 de 138 países analizados, donde se mantiene en la tercera posición a nivel de países de Sudamérica detrás de Chile y Colombia, y se ubica en la sexta posición entre los países de Latinoamérica y el Caribe. Además, el Perú presenta 2 pilares en retroceso: Eficiencia del mercado de bienes (60 a 65), e Innovación (116 a 119). Sin ir muy lejos, se realiza una comparación con Colombia (Anexo 4), el cual se ubica en la posición N°77 en el valor de ventaja competitiva y en la posición N°51 en la amplitud de la cadena de valor, del pilar Sofisticación de negocios; sin embargo el Perú se ubica en la posición N°111 y N°105 respectivamente del mismo pilar (World Economic Forum, 2016).

Según el WEF “El análisis apunta a las diferentes prioridades de política para las economías de América Latina y el Caribe. Con respecto al Perú, los retos están vinculados a las capacidades productivas, el tamaño del sector de la fabricación, los ingresos públicos, y el estado de derecho”. Entre los factores más problemáticos para hacer negocios destacan: Burocracia gubernamental, regulaciones laborales restrictivas, corrupción, inadecuada infraestructura, normas tributarias, impuestos, inseguridad, entre otros (SNI, 2016).

3.1.6. Objetivos

Objetivos de la investigación

- O1: Identificar los tipos de desperdicio más relevantes y los procesos donde se originan.
- O2: Describir los procesos y desperdicios más relevantes, y evaluarlos con respecto a las herramientas y conceptos de lean manufacturing.
- O3: Proponer y desarrollar propuestas de mejora aplicando herramientas y conceptos de lean manufacturing, que puedan aplicarse en la mayoría de las empresas del sector.
- O4: Validar las propuestas (utilizando simuladores, opinión de expertos)
- O5: Explorar el grado de conocimiento de las herramientas de lean manufacturing en el sector, además de las ventajas, desventajas y barreras que los empresarios identifican, con la finalidad de sugerir nuevas líneas de investigación.

Preguntas de la investigación

P1: ¿Cuáles son los principales desperdicios generados y en qué procesos se encuentran? (O1)

P2: ¿Cuál es el diagnóstico actual de los procesos donde se generan los principales desperdicios del sector en estudio? (O2)

P3: ¿Qué herramienta Lean se debe aplicar, de tal manera que sea factible para la mayoría de las empresas del sector? (O3)

P4: ¿Qué método se aplicará para validar la propuesta? (O4)

P5: ¿Cuáles son las principales limitaciones del sector con respecto a la aplicación de las herramientas de lean manufacturing? (O5)

3.1.7. Hipótesis general

Mediante la aplicación del Lean Manufacturing en el sector textil exportador de prendas de tejido de punto de algodón, se reducirá los desperdicios, mejorará los tiempos de respuesta y aumentará la competitividad de las empresas.

3.2. Presentación del sector

La industria textil y de confecciones es uno de los sectores manufactureros de mayor importancia para el desarrollo de la economía de un país, ya que es una industria que integra a otros sectores; como el agrícola, por el cultivo de algodón; ganadería, para la adquisición de lana y pelos finos; las industrias metalúrgica y de plásticos, para la obtención de todo tipo de botones, cierres y demás accesorios; la industria química, para el proceso de teñido o lavado de las telas o prendas, etc. Por otro lado, este sector genera una gran cantidad de puestos de trabajo.

El sector de prendas de vestir en el Perú disminuyó de 899 millones de dólares en el año 2015, a 847 millones de dólares, en el año 2016 en el periodo de Enero a Diciembre, según cifras oficiales (ADEX, 2017), representando un 5.8% de variación. Este panorama debe impulsar a los empresarios a enfocarse en establecer medidas y prácticas que desarrollen y sumen competitividad a sus empresas a través de la innovación y conocimiento de las tendencias de la moda y perfiles del consumidor actual y futuro.

La mayoría de empresas PYME exportadoras de confecciones en el Perú desarrollan sus negocios bajo la modalidad de “full package”. Esta modalidad consiste en que los dueños de las marcas encargan la producción de sus diseños a los productores locales desde la producción de la tela, los insumos, la confección, el diseño total del producto hasta los trámites de exportación. Por otro lado, el mercado de prendas de vestir es altamente competitivo y está dominado en la actualidad por los productores del Asia, esto afecta hoy en día a las PYME peruanas, debido a los menores costos de mano de obra que hacen que sus precios sean muy atractivos para los clientes.

Los principales destinos de las exportaciones de confecciones del Perú son Estados Unidos (50.2%), Colombia (4.6%), Chile (4.1%), Ecuador (4%), Brasil (3.5%), entre otros (33.5%) (SUNAT, 2016). Las características más relevantes que permiten competir en el mercado globalizado de confecciones son el precio, la calidad, el servicio, la oportunidad de entrega, la velocidad de respuesta y la flexibilidad.

3.2.1. Descripción del sistema de producción de una línea típica de costura

La mayoría de empresas PYME de confección utilizan líneas de producción bajo la modalidad de paquete progresivo. En el estudio se utiliza un T-shirt básico (Figura 15) para describir el actual sistema de trabajo en costura; ya que, independientemente del modelo a producir, el concepto de producción en línea y paquete progresivo es siempre el mismo.

Figura 15
T-shirt básico

Fuente: Elaboración propia

El ensamble de la prenda en referencia se realiza mediante las operaciones mostradas en el diagrama de ensamble de la figura 16.

Figura 16
Diagrama de ensamble de un T-shirt

Fuente: Elaboración propia

3.3.Situación actual

3.3.1. Sector de confecciones

Mediante el procesamiento del levantamiento de información a empresas PYME del sector de confecciones de prendas de vestir de tejido de punto de algodón para exportación, se pudieron identificar los siguientes procesos críticos: Costura, Corte, Diseño de Producto (DP), Acabado, Compras y Teñido, los cuales representan aproximadamente el 80% del total de procesos registrados. (Figura 17)

Figura 17
Procesos críticos

Fuente: Elaboración propia

Se realiza una validación de los procesos críticos del sector para observar y analizar qué tan alejado esta de la realidad; en particular el proceso de costura es uno de los procesos críticos típicos del sector, ya que en este se elabora la prenda e implica un gran número de operaciones (Chen et al., 2012).

Actualmente, los factores que son valorados en este sector son: Precio, Calidad, flexibilidad y Tiempo de entrega (Sachare Castro, Cespón Castro, & Ibarra Mirón, 2000). El sector peruano es reconocido por la calidad de sus productos; sin embargo, el factor de tiempo de entrega no está muy desarrollado, en consecuencia, pierde competitividad con respecto a otros países, por ello el análisis del presente estudio se centra en el Lead Time de los procesos críticos comparándolos con los tiempos encontrados de cada proceso en la revisión de la literatura. (Tabla 10) Con esto,

se busca identificar los procesos que presentan un mayor impacto con respecto a uno de los factores más valorados en esta industria (tiempo de entrega) (Ciarniene & Vienazindiene, 2014; Joung, 2014; Kumar y Thavaraj, 2015).

Tabla 10

Análisis de los procesos críticos con respecto al Lead Time

Proceso	Lead Time del mercado	Lead Time de entrevistas	Unidad	% de diferencia
Corte	17	48	horas	182
Costura	11	20	días	82
Acabado	1.5	3.03	min/prenda	102
Compras	10	16	días	60
Diseño de producto	16.5	26.5	días	61

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Proceso de costura

En base al levantamiento de información a las empresas PYME del sector se identificaron los principales desperdicios en el proceso de costura (Figura 18). Además, se calculó que en promedio la industria presenta en el proceso de costura 7,200 prendas en inventario en proceso (WIP), defectos en un 6% y de sobreproducción un 7%. (Tabla 11)

Tabla 11

Desperdicios en costura

Desperdicios	Promedio	Unidad
WIP	7200	Prendas
defectos	6	%
sobreproducción	7	%

Fuente: Elaboración propia

Figura 18
Desperdicios en costura

Fuente: Elaboración propia

Para poder identificar oportunidades de mejora se utiliza el flujo de información y materiales o Value Stream Map (VSM). La figura 19 representa el estado actual del proceso de costura del sector exportador de prendas de vestir de tejido de punto de algodón. Para la representación del VSM se tuvo en consideración ciertos datos: El horario de trabajo es de 8 horas/día y es el único turno; el producto mapeado es un T-Shirt básico y se considera una orden de 600 prendas. Por otro lado, la capacidad promedio en el proceso de costura del sector es de 550 prendas/día; para los tiempos de cada operación se realiza un estudio de tiempos, el cual se muestra en el Anexo 5. Para el siguiente VSM se realiza el balance de línea (Tabla 12).

Tabla 12
Balance de línea

N° Operación	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	MÁQ	To+s	Minutos x operación	Eficiencia Real	P/H por persona	Puestos Teóricos	Operarios asignados	Máquinas por operación
10	CERRAR CUELLO	CR1	0.20	110.00	80%	240.00	0.29	1	1
20	UNIR HOMBROS	RM	0.60	330.00	80%	80.00	0.86	1	1
30	PEGAR CUELLO + ETIQUETA	RM	1.20	660.00	80%	40.00	1.72	2	2
40	TAPETE HOMBRO A HOMBRO	TAPE	0.90	495.00	80%	53.33	1.29	2	2
50	BASTA DE MANGAS	RECU	1.00	550.00	80%	48.00	1.43	2	1
60	PEGAR MANGAS Y CERRAR COSTADOS	RM	2.10	1155.00	80%	22.86	3.01	3	3
70	BASTA DE FALDÓN	RECU	1.00	550.00	80%	48.00	1.43	2	2
80	INSPECCIÓN FINAL	MAN	1.30	715.00	80%	36.92	1.86	2	
			8.30				11.89	15	12

Fuente: Elaboración propia

Figura 19
VSM del estado actual de costura

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 19, el promedio del sector trabaja con paquetes de 50 prendas cada uno, por ello, no existe un flujo continuo entre las diferentes estaciones de costura (el paquete pasa a la siguiente operación solo cuando las cincuenta unidades han sido procesadas); por otro lado, existe inventario entre estaciones (dos paquetes de cincuenta en espera y un paquete en proceso).

Los tiempos de ciclo se muestran en minutos, mientras que los inventarios en proceso se muestran en unidades, las cuales a través de una ecuación simple se calcula su equivalente en días. Dicha equivalencia resulta de dividir el total de unidades en inventario entre 550 (capacidad de producción en prendas/día).

Por otro lado, el tiempo necesario para ensamblar y despachar una prenda es 8 minutos. Sin embargo, cada prenda demora 13 días en atravesar la línea de producción debido al sistema de paquete progresivo (tamaño: 50 prendas); a la disposición de mantener en stock un paquete entre dos estaciones de costura y además del paquete que se encuentra en proceso. Se puede observar que del total de actividades, solo dos no agregan valor: inspección final y despacho al área de acabado. Dichas áreas no generan ninguna transformación en el producto que sea valorada por el cliente, sin embargo ambas son necesarias para el proceso. Por lo tanto, el tiempo de valor agregado (VA) resulta de la resta de 8 minutos menos el tiempo de ambas actividades (2.1 min), lo que da como resultado 5.9 minutos. La Tabla 13 muestra el resumen del proceso con respecto al concepto de cadena de valor.

Tabla 13

Análisis con respecto a la cadena de valor

Rubro	Estado Actual
Lead time total (LT)	13 días
Tiempo de valor agregado (TVA)	5.9 minutos
Tiempo de ciclo total (TC)	8 minutos
Stock en proceso total	7,200 prendas
TVA respecto TC	73.80%
TVA respecto al LT	0.10%
TC respecto al LT	0.13%

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para poder identificar donde se origina el exceso de lead time, se utiliza un VSM de una línea típica de costura del mismo sector de exportación, en el cual se analiza una línea de fabricación de T-Shirt básico (Carvallo, 2014). (Figura 20)

Figura 20
VSM de una línea típica de costura

Fuente: Carvallo 2014

Análisis del proceso de costura

Para el análisis se hace una comparación de los VSM del sector (Figura 19) vs literatura (Figura 20), con la finalidad de poder identificar donde se origina el exceso de lead time. En la tabla 14 se presenta el resultado de la comparación, donde se observa que existe un desfase de 9 días con respecto al VSM de la literatura.

Tabla 14

Exceso de días en el proceso de costura

Origen	Días (Entrevista)	Días (Literatura)	GAP (días)	%
Inventario en estantería	7.4	3	4.4	48
Línea de producción	4.6	0.8	3.8	42
Despacho	1.2	0.3	0.9	10
Total	13	4	9	100

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 se presenta el resumen de los resultados, donde el 48% de los desperdicios se originan en Estantería, 42% en la línea de producción y 10% en despacho al área de acabados.

Figura 21
Origen de los desperdicios

Fuente: Elaboración propia

Análisis con respecto a los siete desperdicios

Se busca identificar las causas raíces por las que se genera exceso de lead time en estantería, línea de producción y en despacho, con la finalidad de proponer medidas que mitiguen o eliminen completamente dicho exceso que permita aumentar la competitividad con respecto al tiempo de entrega.

Inventario en estantería (4.4 días)

Inventario: En estantería se observa que existe un desfase de 4.4 días, una de las razones es por política de inventarios, ya que se colocan en promedio 4 paquetes (200 prendas) por estación en estantería. Una línea de polo T-Shirt básico en promedio presenta 8 estaciones, lo cual resulta un total de 1,600 prendas en estantería. Por lo tanto, representa 2.9 días (1,600 prendas entre 550 prendas/día).

Esperas: La explicación se debe a la misma descrita en el desperdicio anterior. Por lo que se considera que eliminando el primer desperdicio se reduce el de esperas.

Línea de producción (3.8 días)

Inventario: Cada prenda de un paquete (50 prendas) debe esperar que las otras cuarenta y nueve prendas sean procesadas antes de pasar a la siguiente operación. Esto se repite en cada estación de trabajo por lo que dicho paquete pasa a lo largo de la línea de producción. En la línea se observa que por el paquete progresivo de 50 prendas genera un desfase de 2.2 días, los cuales se explican a continuación: 2 paquetes (100 prendas) en espera y uno en proceso (50 prendas), considerando 8 estaciones en una línea resulta un total de 1,200 prendas que equivale a 2.2 días.

Esperas: La explicación se debe a la misma descrita en el desperdicio anterior. Por lo que se considera que eliminando el primer desperdicio se reduce el de esperas.

Sobreproducción: En promedio es de 7% (46 prendas), cuya explicación se debe a la decisión de la gerencia, ya que se establece como “colchón” de calidad. Por lo tanto en este desperdicio resulta un total de 0.8 días. (46 prendas por el TC entre 480min/día)

Defectos: El nivel de defectos en el proceso de costura del sector en promedio es de 6% ($6\% * 600 \text{ prendas} = 36 \text{ prendas}$). El problema principal es que los defectos se detectan recién cuando los paquetes llegan a inspección final, el cual ocurre 13 días después de que la prenda ha ingresado a costura. En el mejor de los casos, el defecto puede ser observado por el operador de la operación siguiente, pero esto ocurre cuando las prendas del paquete han sido procesadas, es decir, pueden existir cincuenta prendas con el mismo defecto o en el mejor de los casos una. Para su cálculo en días se considera que para un polo se arregla en promedio 1 min/prenda, lo cual resulta 0.08 días (36 min entre 480 min/día). Las causas frecuentes mencionadas por los empresarios para este desperdicio fueron: mala operación y desgaste de máquina; sin embargo, no se pudo comprobar técnicamente lo dicho por los empresarios, por lo tanto, este desperdicio pasa a la sección “otros”.

Sobre procesamiento: No influye en el lead time, ya que los reprocesos se realizan en horas fuera de trabajo; sin embargo, pueden existir pedidos que requieran una inmediata solución. Para estos casos y situándose en un escenario pesimista, se tendría a lo mucho 36 prendas defectuosas en promedio (desperdicio anterior), es decir solo 0.08 días, lo cual se considera irrelevante para los objetivos que se pretenden alcanzar en el presente proyecto, por lo tanto, este desperdicio pasa a la sección “otros”.

Movimientos innecesarios: En base a lo observado en las empresas, las máquinas siguen una distribución que se muestra en la figura 22, por lo que en la mayoría de los casos los operarios deben pararse para poder habilitar su estación. Lo que resulta que por una orden de 600 prendas suma un recorrido total de 918m, y considerando que al recorrer 3.048m toma un total de 0.04min. (Obeidat et al., 2012) se tiene un desfase de 0.03 días, lo cual es irrelevante atacar este desperdicio por tanto pasa a la sección otros.

Figura 22
Layout actual

Fuente: Elaboración propia

Despacho (0.9 días)

Inventario: En despacho se observa que existe un desfase de 0.9 días, una de las causas es por política de la empresa, ya que se establece 2 despachos al día al área de acabados. Finalmente, el hecho de acumular producción de cuatro horas ($275 \text{ prendas} \times T_c \text{ despacho} = 275 \text{ min}$) para hacer los despachos hacia el área de acabado contribuye al desperdicio de inventario de 0.57 días (275 min entre 480 min/día).

Esperas: La explicación se debe a la misma descrita en el desperdicio anterior. Por lo que se considera que eliminando el primer desperdicio se reduce el de esperas.

En el siguiente cuadro se resume el análisis en base a la teoría de los 7 desperdicios. Para el impacto económico se establece un costo por día en costura de \$288/día (\$0.6/min)

Tabla 15

Análisis de los siete desperdicios

Origen	Desperdicio	LT (días)	Causa raíz	Impacto (\$)
Estantería 4.4 días	Inventario	2.9	Política de Inventario	835
	Esperas			
	Otros	1.5	Otros	420
Línea de producción 3.8 días	Inventario	2.2	Tamaño de paquete progresivo	628
	Esperas			
	Sobreproducción	0.8	Disposición de la gerencia	222
	Otros	0.8	Otros	251
Despacho 0.9 día	Inventario	0.6	Política de despacho	164
	Esperas			
	Otros	0.3	Otros	95

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se puede observar que los desperdicios más representativos son: inventarios y esperas, los cuales representan un 66% del total del exceso de 9 días.

Tabla 16

Resumen del análisis de los siete desperdicios

Desperdicio	Lead Time	%	Costo (\$)
inventario - Esperas	6.0	66	1720
Sobreproducción	1.0	11	290
Otros	2.0	22	580
Total	9	100	2590

Fuente: Elaboración propia

Figura 23
Diagrama de árbol de los desperdicios del proceso de costura

Fuente: Elaboración propia

Diagnóstico del proceso de costura

Las PYMEs del sector de confecciones presentan un exceso de 9 días en el proceso de costura, lo cual representa un 82% del total de LT con respecto a lo esperado (11 días). Esto representa en unidades monetarias \$2,600.

Este exceso se debe principalmente a las esperas e inventarios, lo cual representa un 66%, ello es causado por políticas de inventarios y por el tamaño de paquete, los cuales son disposiciones del jefe de la línea.

Tabla 17

Resumen del diagnóstico del proceso de costura

Desperdicio	Problema	Impacto/Trascendencia	Causa raíz	Alt. solución	Herramienta Lean
Alto N° de días en espera 5.7 días vs 3 días	Exceso 9 días de LT en costura	\$1,627.2 / representa 66% del costo total en costura	Disposición del jefe de la línea	Ingreso controlado de prendas a costura	Sistema Pull celdas de manufactura
Alto N° de días en inventario 5.7 días vs 3 días				Producción unitaria	VSM

Fuente: Elaboración propia

OBJETIVOS

O1: Reducir el nivel de inventarios y tiempos de espera en 50% mediante sistema de control de ingreso a costura basado en sistema PULL y rediseño de la línea de producción basado en celdas de manufactura.

O2: Reducir el Lead time del proceso de costura.

INDICADORES

I1: Inventarios en proceso, Porcentaje de tiempos de espera.

I2: Exceso de días en costura.

Hipótesis

Mediante la aplicación de un sistema de control de ingreso a costura basado en un sistema PULL y un rediseño de la línea de producción basado en celdas de manufactura se logrará reducir el Lead Time de los inventarios, esperas y transportes innecesarios, con lo cual se reducirá el lead time en costura y en consecuencia se obtendrá mayor competitividad.

Figura 24
Hipótesis

Fuente: Elaboración propia

4. CAPÍTULO III

4.1.Diseño de la propuesta

El desarrollo de la propuesta se basa en dos herramientas de Lean Manufacturing:

Sistema Pull, este sistema limita la producción en función a la necesidad del consumidor, es decir, cuando un producto es adquirido, se activan los mecanismos para reemplazarlo. Este sistema permite a las empresas reducir costos en producción e inventarios, así como estructurar los procedimientos de fabricación mediante el uso de carteles o tarjetas (Takahashi et al, 2012). El sistema Pull calza perfectamente con el sistema de trabajo de las empresas PYME ya que trabajan bajo pedido (Stump & Badurdeen, 2016).

Celdas de manufactura flexible, ya que son muy eficientes en producciones de órdenes pequeñas (Pan, 2014; Ramdass & Pretorius, 2011), dicha característica es la principal razón de su utilización en el presente trabajo ya que las empresas PYME trabajan con órdenes pequeñas de producción.

La idea de la propuesta es preparar una orden de corte (O/C) despachada por el área de corte (por lo general prepara paquetes de 50 prendas) a la línea de costura, de tal manera que esta última no se quede desabastecida en plena producción. Por lo tanto, en primer lugar se desarrolla la propuesta de Ingreso controlado basado en el sistema pull, la cual se encarga de alimentar la línea de costura en la cantidad necesaria y momento indicado logrando reducir considerablemente el inventario en estantería.

En segundo lugar, se desarrolla la línea modular basada en celdas de manufactura flexible, la cual se encarga de la producción propiamente dicha con una eficiencia óptima, logrando reducir los inventarios en la línea (Chauhan, 2016). Además, esta última propuesta se debe manejar con ciertas consideraciones a fin de garantizar el equilibrio y la sostenibilidad de la línea.

Figura 25
Diseño de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

4.2.Ingreso controlado basado en sistema Pull

El ingreso de las órdenes de corte es controlado por la línea de costura, mediante el uso de una tarjeta de despacho, la cual se entrega a corte en el momento de retirar la O/C disponible en la estantería de costura. La idea es que solo haya la cantidad de O/C en estantería que requieran las líneas de costura, con la finalidad de reducir los inventarios en estantería. La estación de habilitado es la responsable de jalar la producción.

Figura 26

Diseño de ingreso controlado

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño del sistema, se ha considerado una orden de corte promedio de 400 prendas, un tiempo de preparación de 52 minutos en corte (preparación 42 minutos y traslado a costura 10 minutos); en costura el tiempo de recepción y verificación de la O/C se considera 20 minutos, y un tiempo de habilitado de 20 minutos (Carvallo, 2014).

Por otro lado, se determina que una O/C alcanza para 5,8 horas de producción (400 prendas / 69 prendas/h), tomando en cuenta que en una hora se produce 69 prendas (Producción proyectada que se determina para el desarrollo de la propuesta). Durante ese lapso de tiempo se debe preparar una siguiente O/C a fin de garantizar el flujo continuo de la línea. Por lo tanto, cuando el personal de habilitado retira una O/C de la estantería, necesita 40 minutos para realizar la verificación y habilitado de la misma. Esta actividad se debe iniciar a más tardar 40 minutos antes de que se termine la O/C en proceso.

Como la planta de corte tiene un tiempo de atención de 52 minutos, la reposición puede tardar como máximo 92 minutos (52 minutos de atención en corte y 40 minutos de recepción/habilitado en costura), cuya cantidad en prendas basado en el ritmo de la línea es de 104 prendas (69 prendas/hora x 92/60 horas). Como el lote promedio de una O/C es 400 prendas, se redondea el punto de reposición a una O/C. Por lo tanto se deberá contar siempre con una O/C en el estante, la cual será solicitada por costura al coger la O/C que se encuentra en stock. La solicitud se realiza mediante la entrega de una tarjeta de despacho que autoriza a corte preparar y despachar a costura un lote de por lo menos 400 prendas. Es decir, si la O/C disponible tuviese menos de 400 prendas, se adicionará otra O/C de manera que la cantidad de la orden totalice al menos 400 prendas. La Figura 27 muestra la tarjeta de despacho.

Figura 27
Tarjeta de despacho

TARJETA DE DESPACHO	
Autorización para preparar y despachar una orden de corte a costura	
Nivel de dificultad:	XX
Tamaño de orden:	XXXX
Orden de corte:	N° XXXX
Línea de producción:	N° XX
Si la cantidad de la O/C es menor al tamaño de la orden solicitada, adicionar otra O/C hasta completar el tamaño requerido	

Fuente: Elaboración propia

Este sistema reduce significativamente el inventario en estantería, ya que con el sistema actual alcanzaba un inventario total de 7.4 días y con la propuesta se reduce a 5.8 horas de producción de la línea que equivale a 0.7 días. Es decir, en estantería se redujo el nivel de inventario total de 7.4 a 0.7 días, lo cual representa 90% del sistema actual.

4.3.Línea modular basada en celdas de manufactura flexible

4.3.1. Balance de línea

La línea original se convierte en una línea modular de diez puestos de máquinas y una de inspección final. Utilizando un T-Shirt como prenda, el tiempo estándar de cada operación, la producción proyectada (en este caso la producción proyectada es 550 prendas/día, que equivalen a 69 prendas/hora como tasa de producción objetivo) y los minutos diarios trabajados (se considera 8 horas de trabajo, en minutos son 480 min/día); el nuevo balance de línea queda tal como se muestra en la Tabla 18 (excepto los tiempos de operación, en los que se ha eliminado 0.03 minutos por manipuleo de paquete en cada operación) (Carvallo, 2014).

Para realizar el balance de línea se debe calcular el tiempo estándar, sin embargo, en el presente trabajo sólo se utiliza tiempos observados con suplementos (calculados en el Anexo E), sin considerar la valoración de ritmo, ya que se debe realizar el estudio de un trabajador calificado, lo cual dificulta para el estudio actual ya que se trata de un sector.

N° de operación y Descripción

Estas columnas hacen referencia al número y descripción que tiene la operación en el Diagrama de Operaciones.

Máquina

Aquí se indica en forma abreviada el tipo de máquina que se utiliza en la operación (Por ejemplo, CR1 representa la máquina recta en el modelo del T-shirt básico).

Tiempos observados + Suplementos (To+s)

Los “To+s” corresponden a la suma de todos los tiempos observados de cada operación de la prenda más la consideración de los suplementos, que es 8.06 minutos.

Minutos por operación

Esta columna indica los minutos necesarios a asignar en cada operación para alcanzar la producción proyectada, los que calculamos de la siguiente manera:

$$\text{Minutos por operación} = \text{Producción proyectada} \times To + s$$

$$\text{Minutos por operación} = 550 \text{ prendas} \times 0.17 \frac{\text{minutos}}{\text{prendas}} = 93.5 \text{ minutos}$$

Tabla 18
Balance de línea

N° Operación	BLOQUE	SECUENCIA	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	MÁQ	To+s	Minutos x operación	Eficiencia Real	P/H por persona	Puestos Teóricos	Operario asignados	Máquinas por Módulo	Grado de ocupación de la máquina
10	CUELLO	2	CERRAR CUELLO	CR1	0.17	93.50	100%	352.94	0.19	A	1	19%
20	ENSAMBLE	1	UNIR HOMBROS	RM	0.57	313.50	100%	105.26	0.65	B	1 , op30	
30	ENSAMBLE	3	PEGAR CUELLO + ETIQUETA	RM	1.17	643.50	100%	51.28	1.34	C/B	1	
40	ENSAMBLE	4	TAPETE HOMBRO A HOMBRO	TAPE	0.87	478.50	100%	68.97	1.00	D	1	100%
50	ENSAMBLE	5	BASTA DE MANGAS	RECU	0.97	533.50	100%	61.86	1.11	E/A	1	
60	ENSAMBLE	6	PEGAR MANGAS Y CERRAR COSTADOS	RM	2.07	1138.50	100%	28.99	2.37	F/G/A	3	87%
70	ENSAMBLE	7	BASTA DE FALDÓN	RECU	0.97	533.50	100%	61.86	1.11	H/I	2 , op50	74%
80	ENSAMBLE	8	INSPECCIÓN FINAL	MAN	1.27	698.50	100%	47.24	1.46	J/I		
					8.06				9.24	10	10	78%

Fuente: Elaboración propia

Puestos Teóricos

Esta columna indica la cantidad de personas teóricas que deberían realizar cada operación y puede ser un número entero o un decimal. El cálculo se realiza así:

$$\text{Puestos teóricos} = \frac{\text{Minutos Necesarios por operación}}{\text{Tiempo Neto de trabajo por operario} \times \text{eficiencia real}}$$

Para la operación 10, el valor sería el siguiente:

$$\text{Puestos teóricos} = \frac{93.50 \text{ min}}{\frac{480 \text{ min}}{\text{operario} - \text{día}} \times 100\%} = 0.19 \text{ operarios/día}$$

Esto significa que en la operación 10 debemos asignar 0.19 operarios por día.

Operario asignado

Se asignan los responsables de realizar las distintas operaciones según los puestos teóricos calculados en el punto anterior. De esta manera se combinan cargas de trabajo para que cada persona esté plenamente ocupada; es decir, la suma de puestos teóricos asignado a un operario debe de estar lo más cercano posible a la unidad. Por ejemplo, al operario B le asignamos las operaciones 20 y 30. Sumando los puestos teóricos de cada operación total o parcial, podemos establecer la carga de trabajo correspondiente a cada operario.

$$\text{Carga de trabajo Operario B} = \text{Puestos teóricos Op. 20} + \text{Op. 30}$$

$$\text{Carga de trabajo Operario B} = 0.65 + 0.34 = 0.99 = 99\%$$

Así continuamos hasta completar el balance del resto de las operaciones. Cabe destacar que este procedimiento no se limita solamente a un cálculo numérico, sino que intervienen también la experiencia y el conocimiento que tengan de las habilidades de los integrantes del módulo. Es muy importante comprender el concepto del balanceo de la Línea y las exigencias de polifuncionalidad, por lo que se sugiere analizar el balanceo completo y las cargas de trabajo de cada operario antes de continuar.

Máquinas por Módulo

La columna de máquinas por módulo se refiere a la cantidad de máquinas que estamos colocando en el módulo para la operación indicada o, en algunos casos, para cubrir varias operaciones cuando una máquina se ocupa en dos operaciones o más; en ese caso aparece asignado el número de máquinas necesarias en esa operación y el código de la operación adicional con la que se comparte dicha máquina.

Grado de Ocupación

Por último, el grado de ocupación indica que porcentaje del tiempo total de trabajo del módulo, está ocupada cada máquina en las respectivas operaciones y su cálculo se realiza con la siguiente fórmula.

$$\text{Grado de Ocupación Máquina} = \frac{\sum \text{Minutos por Operación}}{\sum \text{Máquinas Asignadas} \times \text{Tiempo de trabajo}} \times 100$$

Por ejemplo, en el caso de la máquina recta asignada a la operación 10, el resultado sería:

$$\begin{aligned} \text{Grado de Ocupación Máquina CR1 (Op. 10)} &= \\ &= \frac{93.50 \text{ min}}{1 * 480 \text{ min}} \times 100 = 19\% \end{aligned}$$

De esta manera podemos definir la cantidad de máquinas a colocar en el módulo para satisfacer los requerimientos de las distintas operaciones.

Para concluir con el análisis de esta columna, se observa las cinco máquinas (RM) que se han asignado a las operaciones 20 (realizado por el operario B), 30 (realizado por el operario C y B) y 60 (operario F, G Y A):

$$\begin{aligned} \text{Grado de Ocupación Máquina RM (Op. 20, Op. 30 y Op. 60)} &= \\ &= \frac{313.5 \text{ min} + 643.5 \text{ min} + 1138.5 \text{ min}}{480 \text{ min} \times 5} \times 100 = 87.3\% \end{aligned}$$

Es importante destacar, en este último ejemplo, que el 87.3% es el grado de ocupación promedio de las máquinas. En la práctica, lo que ocurriría sería que las máquinas correspondientes a los operarios C, F y G estarían al 100% del tiempo ocupadas mientras que la máquina del operario B estaría al 65% del tiempo ocupada en la operación 20 y el 34% del tiempo ocupada en la operación 30, lo que le daría una ocupación real del 99%. Por último, la máquina del operario A estaría al 37% del tiempo ocupado en la operación 60. Cuando reunimos los grados de ocupación de las máquinas (100%, 100%, 100%, 99% y 37%) obtenemos como promedio el 87.3% que nos da la aplicación de la fórmula y que es el que nos interesa determinar para realizar la evaluación.

El resto de las máquinas fueron asignadas individualmente en las operaciones correspondientes y su grado de ocupación se calcula fácilmente aplicando la fórmula. Como resultado final observamos el grado de ocupación total, que es el promedio de ocupación de las máquinas que asignamos al módulo y que se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Grado de ocupación Total de la máquina} &= \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Grado de Ocupación Máquina} \times \text{Máquinas por Módulo})}{\sum_{i=1}^n \text{Máquinas por Módulo}} \\ &= \frac{19\% + 100\% + 90\% \times 5 + 78\% \times 3}{10} \end{aligned}$$

$$\text{Grado de ocupación Total de la máquina} = 80\%$$

Una característica de las líneas Modulares, por su tamaño reducido es que eventualmente algunas personas deben realizar más de una operación. Esta situación puede apreciarse también en este caso, ya que la misma persona que “cierra cuello” (le ocupa 0.19 de tiempo) deberá también realizar la “basta de mangas” y “pegar mangas y cerrar costados” (utilizando diferentes máquinas) porque se asignará un operario para las operaciones. Similar situación ocurre en unir hombros y pegado de cuello + etiqueta. El personal de una línea Modular, por lo tanto, debe conocer varias operaciones y no ser especialista solamente de una, como ocurre en algunas líneas de producción convencional.

INVENTARIOS EN PROCESO

En el caso del presente estudio se establece un stock intermedio de 40 minutos de producción, de tal manera que permita que la operación siguiente se mantenga abastecida mientras se realiza la reparación ante cualquier falla de una máquina (Rubinfeld, 2005).

El stock intermedio representa en prendas a 46 unidades ($69 \text{ prendas/hora} \times 40/60 \text{ horas}$), tomando en cuenta que el valor de 69 prendas/hora es el objetivo para cumplir con la producción proyectada (ver el balance de línea). Además, se establece como tamaño de paquete la cantidad de 12 prendas, dicha cantidad es recomendada para una línea que trabaja con paquetes (Rubinfeld, 2005). Por lo tanto, 46 unidades equivalen a 3.83 paquetes, redondeando se trabaja con 4 paquetes, es decir se establecen 48 unidades como stock intermedio. Por otro lado, se considera 1 paquete como stock en máquina por cada operación.

De este modo, si en el proceso del T-shirt básico interviene un total de siete operaciones (sin contar la última operación de inspección final, donde el stock de la misma ya se considera producto terminado) y se implementa una estación de habilitado (400 prendas), el nivel de inventario en proceso total sería el siguiente:

$$\text{Inventario en proceso} = (\text{Stock Inter.} + \text{stock en máq.}) \times \text{N}^\circ \text{ de operaciones} + \text{Habilitado}$$

$$\text{Inventario en proceso} = (48 \text{ prendas} + 12 \text{ prendas}) \times 7 + 400 \text{ prendas} = 820 \text{ prendas}$$

Ahora podemos comparar este nivel de inventario con la producción proyectada calculada para el módulo, obteniendo así un equivalente en minutos de producción para dicho inventario:

$$\begin{aligned} \text{Inventario en proceso (min)} &= \frac{\text{Minutos trabajados}}{\text{Producción proyectada}} \times \text{Stock en Proceso (prendas)} \\ &= \frac{480 \text{ minutos/día}}{550 \text{ prendas/día}} \times 820 \text{ prendas} = 12 \text{ horas} = 1.5 \text{ días} \end{aligned}$$

Este sistema de producción reduce significativamente el inventario en proceso, ya que en el sistema actual alcanzaba un total de inventario de 4.6 días y con la propuesta se reduce a 12 horas que equivale a 1.5 días. Es decir, se redujo el nivel de inventario en la línea de producción en 67% respecto del sistema actual.

4.3.2. Layout de la línea

Para establecer el layout de la línea modular se debe realizar el análisis de precedencia (Figura 28 – Tabla 19), ya que en este se identifican las operaciones dependientes e independientes, lo cual es relevante para la configuración del layout.

Figura 28

Análisis de precedencia

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Análisis de precedencia

Operaciones	Precedencia
Op 10: Cerrar cuello	-
Op 20: Unir hombros	-
Op 30: Pegar cuello c/ cinta	10,20
Op 40: Tapete hombro a hombro	30
Op 50: Basta de mangas	-
Op 60: Pegar mangas y cerrar costados	40,50
Op 70: Basta de faldón	60
Op 80: Inspección final	70

Fuente: Elaboración propia

La principal característica de la línea modular es que, en la mayoría, algunos operarios deben realizar más de una operación debido a que el tamaño de la línea es reducido. Esta situación puede apreciarse en este caso, ya que la misma persona que une hombros (OP 20, ocupa 65% de su tiempo) deberá también pegar cuello (OP 30, 34%) lo que resulta 99% con respecto al tiempo total en un turno (480min). Similar situación ocurre con el operario de “cerrado de cuello”, quien también realiza “basta de las mangas” y “pegar mangas y cerrar costados”; y por último, el operario encargado de “Basta faldón” también realiza “Inspección final”. Los operarios de una línea modular deben conocer varias operaciones y no ser especialista solamente de una.

La distribución física de la línea modular se muestra en la Figura 29. Los puestos de trabajo se distribuyen siguiendo la secuencia de operaciones del producto en referencia. La línea funciona a partir del habilitador, quien prepara un paquete de prendas y lo pasa al siguiente operario, quien coge lo necesario para su operación y luego pasa al siguiente y nuevamente se repite el ciclo hasta llegar al puesto de inspección. El tamaño de paquete se redujo de 50 a 12 prendas, logrando reducir considerablemente los inventarios en proceso; por otro lado, la orientación de los puestos de trabajo y la secuencia es en forma de “U”, de tal manera que existe una menor distancia recorrida de los paquetes.

Figura 29
Layout de la línea modular

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Diseño del puesto de trabajo

Mesa

Las mesas deben ser ajustadas de tal manera que la altura de trabajo esté entre 70 a 80 cm, dado que se trata de una tarea donde se requiere cierta precisión y donde se ha de tener un buen ángulo visual del punto de cosido, de tal manera que quede ligeramente por encima de la altura de los codos, unos 5 cm; y siempre que se pueda el plano de trabajo debe tener una inclinación de 5° para mejorar la visión de la tarea. Además, los bordes de las superficies de trabajo deben ser redondeados para que los trabajadores puedan descansar los brazos sobre ellos. (Instituto de Biomecánica de Valencia, 2004)

Figura 30
Altura de la mesa

Fuente: IBV

Por otro lado, es recomendable que los alcances en la máquina no superen una distancia que obligue a adoptar posturas de brazos no óptimas, pero tampoco es recomendable que no se respete una distancia mínima, precisamente para evitar flexiones de cuello y desproveer al trabajador de una pequeña franja de trabajo entre el borde de la mesa y la máquina. (IBV, 2004)

Tabla 20

Dimensiones de la mesa de trabajo

	Mínimo	Máximo
(C) Profundidad de trabajo	20cm	38cm
(D) Profundidad total	40cm	60cm
(E) Ancho recomendado	106cm	150cm

Fuente: IBV

Figura 31
Mesa de trabajo

Fuente: IBV

Silla

La silla debe reunir las características que se detallan a continuación:

La silla debe ser fija, sin ruedas, para que no se deslice al hacer fuerza contra los pedales.

El asiento debe ser giratorio para permitir una mejor recogida de materiales de los laterales y tener el borde anterior ligeramente redondeado para evitar presiones sobre las venas y nervios de las piernas.

El respaldo debe permitir apoyar la zona lumbar; sin embargo, en este tipo de puestos un respaldo excesivamente alto o ancho podría llegar a entorpecer el trabajo.

El asiento debe de estar dotado de regulación en altura, y el respaldo debe poder regularse en altura e inclinación. Las recomendaciones dimensionales para las sillas se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 21

Dimensiones de la silla

Dimensiones sillas	
(I) Altura asiento (cm)	40 a 43
(J) Profundidad asiento (cm)	40 a 43
(K) Ancho asiento (cm)	43 a 49
(L) Inclinación asiento	-5° a 5°
(M) Ángulo asiento - respaldo	95° a 110°
(N) Altura del apoyo lumbar	12 a 22
(O) Altura borde superior-asiento (cm)	>45
(P) Ancho respaldo (cm)	>40

Fuente: IBV

Figura 32
Silla

Fuente: IBV

Dado que el trabajador va a permanecer en el puesto sentado durante todo el día, es recomendable que el asiento y el respaldo tengan algún tipo de acolchado para permitir un mejor reparto de las presiones. El relleno y tapizado debe ser de tejido transpirable, fácil de limpiar.

Pedal

La localización de los pedales es importante; si están demasiado lejos, o cerca, el trabajador puede adoptar posturas inadecuadas. Es decir, si los pedales están muy cercanos al trabajador, este se alejará de la máquina e inclinará el tronco hacia delante, no empleando el respaldo. Por tanto, es recomendable que los pedales puedan regularse en profundidad.

Por otro lado, para un correcto accionamiento de los pedales por cualquier trabajador, éstos deben de quedar a una altura adecuada, proporcionando una buena colocación de las piernas (las rodillas deben formar un ángulo recto).

La anchura de los pedales debe garantizar el correcto apoyo de los pies, tanto en anchura como en profundidad. Las dimensiones recomendadas para los pedales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 22

Dimensiones del pedal

DIMENSIONES PEDALES	
(Q) Profundidad (cm)	≥ 28
(R) Ancho (cm)	≥ 26

Fuente: IBV

Figura 33
Pedal

Fuente: IBV

El pedal tiene que estar centrado respecto a la posición de la aguja, para evitar giros de tronco durante las operaciones.

La profundidad, en el caso de ser fija, debe establecerse de modo que el borde anterior del pedal (el más cercano al trabajador) quede 15 cm antes de la aguja. (Figura 34)

Figura 34
Posición del operario

Fuente: IBV

Si es regulable podrían establecerse como límites, para la profundidad del pedal, la posición más alejada el borde anterior del pedal alineado con la aguja, y la posición más cercana al trabajador 25 cm antes de la aguja.

Dispositivo de entrada y salida de materiales

Entrada: Para la entrada de las prendas, considerando que se maneja un paquete de 12 prendas y no se dispone de espacio en una línea modular, una alternativa fácil y económica es utilizar las faldas del mismo operario como dispositivo de entrada.

Salida: Para la salida de las prendas se utiliza un brazo metálico como dispositivo de salida (brazo de 2 cm de diámetro, 5 cm de longitud menor y 35 cm de longitud mayor – Figura 34), con la finalidad de darle mayor facilidad al operario que en el peor de los casos puede ocurrir que la operación siguiente se retrase y no tenga donde ubicar las 12 prendas que completó en su operación.

Figura 35
Diseño del dispositivo de salida

Fuente: Elaboración propia

Figura 36
Dispositivo de entrada en 3D

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se reduce el espacio de utilización del área de la línea y además, se reduce el transporte de los materiales, ya que las prendas se acercan más a la zona de acción del operario.

Entradas y salidas de material

En primer lugar se debe considerar que el paquete de trabajo debe estar en el área de alcance cómodo, en ningún caso será recomendable que superen los 60 cm de separación para evitar que se ponga de pie. Por otro lado, la altura de acceso al paquete deberá de estar lo más cercano posible con la altura del plano de trabajo. (IBV, 2004)

En segundo lugar, para la correcta distribución del lugar de trabajo se debe tomar en cuenta los siguientes puntos (Fuente: OIT):

Debe existir un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales, con objeto de que se adquieran hábitos.

Las herramientas y materiales deben colocarse de antemano donde se necesitarán, para no tener que buscarlos.

Las herramientas, materiales y mandos deben situarse dentro del área máxima de trabajo (Figura 36) y tan cerca del trabajador como sea posible.

El color de la superficie de trabajo deberá contrastar con el de la tarea que realiza, para reducir así la fatiga de la vista.

Fuente: SENATI

Ahora se establece las salidas y entradas de los paquetes para cada una de las operaciones:

Unir hombros

La pieza 1 (delantero), que descansa en las faldas del operario, es llevado al punto de costura junto con la pieza 2 (espalda) y finalmente se obtiene la pieza 3 (hombros unidos), el cual es llevada al brazo metálico.

Figura 38
Diseño del puesto de operación 20

Fuente: Elaboración propia

Pegar cuello

La pieza 1 (hombros unidos) es llevada al punto de costura junto con la pieza 2 (cuello cerrado) y finalmente se obtiene la pieza 3 (cuello pegado), la cual es llevada al brazo metálico.

Figura 39
Diseño del puesto de operación 30

Fuente: Elaboración propia

Tapete hombro a hombro

La pieza 1 (cuello pegado) es llevada al punto de costura y finalmente se obtiene la pieza 2 (tapete pegado), la cual es llevada al brazo metálico.

Figura 40
Diseño del puesto de operación 40

Fuente: Elaboración propia

Pegar mangas

La pieza 1 (cuello pegado) es llevada al punto de costura junto con la pieza 2 (manga con basta) y finalmente se obtiene la pieza 3 (manga pegada), la cual es llevada al brazo metálico.

Figura 41
Diseño del puesto de operación 60

Fuente: Elaboración propia

Cerrar cuello, Cerrar costado, Basta de mangas, Basta de faldón

La pieza 1 es llevada al punto de costura y finalmente se obtiene la pieza 2, la cual es llevada al brazo metálico.

Figura 42
Diseño del puesto de operación 10, 50, 60, 70

Fuente: Elaboración propia

Puesto de inspección final

Para determinar la altura del plano de trabajo, en posición de pie, se aplican los criterios de Gradjean (Figura 42). Estos mediante valores medios proporcionan, las alturas adecuadas de planos de trabajo, en función de medidas antropométricas de altura media, considerando el tipo de trabajo, de precisión, ligero y pesado (Rescalvo & De la Fuente, 2004). En particular, el puesto de inspección final es un trabajo ligero que exige apoyo manual entre 5 a 7 cm sobre el nivel del codo. Por otro lado, las mesas de trabajo para el puesto de inspección final deben tener una medida de 75 cm x 120 cm y ser regulables (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2010), debido a la variedad de estatura de los trabajadores usando como guía la altura del codo.

Figura 43
Altura del plano de trabajo de pie

Fuente: Concepción y diseño del puesto de trabajo

Figura 44
Diseño del puesto de inspección final

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Perfil del operario

Para el perfil del operario, se describe a continuación las características que deben tener los integrantes de una línea modular:

Polifuncionalidad (punto I).

Los integrantes del módulo deben estar entrenados para absorber las operaciones que se les asignen según el balance de línea correspondiente al producto a confeccionar, de tal manera que cuando aumente la complejidad de la prenda o haya un cambio de estilo el personal esté en condiciones de asumir más de una operación, logrando flexibilidad y el autobalance en tiempo real.

Capacidad para trabajar en equipo.

La principal naturaleza de las líneas modulares es alcanzar los objetivos grupales, lo cual es evidente que los integrantes deben trabajar en conjunto y dejar de lado el individualismo que se presentan en líneas convencionales.

Interés en formar parte de una línea modular.

El interés es fundamental en cualquier tipo de trabajo, y más aún si se trata de un sistema de producción modular (trabajo en equipo), ya que se requiere predisposición y compromiso para alcanzar los objetivos.

Eficiencia promedio.

En el presente estudio se considera a operarios que tienen una eficiencia promedio, la idea es obtener un mismo ritmo de producción para evitar los desbalances en las líneas.

Mantenimiento preventivo de máquinas.

Uno de los factores que influyen en contra de los buenos resultados de una línea modular es la baja confiabilidad del parque de máquinas disponibles. El método más utilizado para contrarrestar este factor negativo es la prevención a través de la capacitación y el mantenimiento preventivo como, la limpieza diaria de las máquinas, el control de nivel de aceite y ajustes menores que puedan ser realizados por los mismos operarios de la línea con la finalidad de reducir las paradas de las máquinas.

MATRIZ DE POLIFUNCIONALIDAD

La polifuncionalidad es la habilidad o destreza de un operario para realizar un conjunto de operaciones de acuerdo con un tiempo estándar de eficiencia y calidad determinada. Al realizar el balance de línea modular y con el objetivo de minimizar el índice total de desocupación y reducir los tiempos improductivos, nos encontramos en la necesidad de asignarle a un mismo operario más de una operación (Rubinfeld, 2005).

La polifuncionalidad de los operarios aparece cuando una máquina se descompone o cuando un operario le falta trabajo, producto de un desbalance en la línea, transformando estos tiempos improductivos en productivos, aumentando de esta forma la eficiencia y en consecuencia, reduciendo los costos operativos.

Tabla 23

Matriz de Polivalencia

Operación Operario	Unir Hombro	Cerrar cuello	Pegar cuella + etiqueta	Tapete Hom - Hom	Basta mangas	Pegar mangas y cerrar costados	Basta faldón	Inspección final
A	*	X	*	*	P	P	*	
B	X	*	P	*				
C		*	X	*				
D			*	X	*			
E				*	X	*		
F					*	X	*	
G					*	X	*	
H						*	X	*
I						*	P	P
J							*	X
X	Asignación Total							
P	Asignación Parcial							
*	Próxima etapa de aprendizaje							

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5. Backup de máquina

La cantidad de máquinas de backup se determina de acuerdo al nivel de ocupación de las máquinas, es decir si una máquina tiene un nivel de ocupación cerca al 100% es necesario tener una adicional ante cualquier contingencia. Asimismo se debe tener la misma lógica cuando se trata de una máquina cuya operación es muy compleja, en particular la máquina tapetera es la única máquina que posee la operación más compleja de una línea de producción T-SHIRT, ya que es una costura encima de otra y además por la distancia de recorrido de costura que se realiza.

Por lo tanto, del balance de línea se desprende que debemos tener las siguientes máquinas de backup:

1 tapetera: En este caso dicha la máquina presenta 100% de ocupación y además es una de las máquinas que realiza una operación compleja explicada en líneas anteriores.

3 remalladora: Ya que se utilizan en 3 operaciones en la elaboración de la prenda.

¿Qué hacer ante cualquier eventualidad?

- Falla de máquina

Ante la falla de una máquina se debe reemplazar por una del backup siempre y cuando el tiempo de reparación exceda los 40 minutos establecidos. Caso contrario el mecánico debe reparar la máquina durante el periodo máximo de 40 minutos, mientras que el operario deberá asumir otra actividad siempre y cuando no sea necesario que este con el mecánico.

- Reproceso

El operario de la operación en reproceso deberá trabajar en la máquina de repuesto fuera de la línea mientras que el operario de la operación siguiente o anterior (depende de la carga que tenga en ese momento), deberá asumir dicha operación mientras regresa el operario con la prenda reprocesada a su puesto en la línea.

- Falta de algún operario

Ante la falta de cualquier operario de un puesto de trabajo determinado, el operario de la estación anterior o posterior (se escoge al operario con la menor duración de la operación de su puesto asignado) deberá asumir dicho puesto.

4.3.6. Plan de incentivos

El plan de incentivos está basado en la habilidad individual de cada operario más un incentivo igual para cada integrante del módulo. Esto se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$RT = HI + ID$$

RT: Remuneración total

HI: Pago basado en la habilidad individual

ID: Pago por desempeño del módulo, y que es un monto igual para todos los integrantes del mismo.

De esta forma podemos decir que la remuneración diaria de un integrante del módulo (RT) estará formada por dos componentes:

Una parte que será en función de las políticas de remuneración de la empresa, de las leyes laborales y de la habilidad individual (HI) de los integrantes del módulo, el cual se refleja en la cantidad de prendas trabajadas y/o el nivel de eficiencia individual alcanzado, que no necesariamente deberá ser igual para cada uno de ellos.

Una parte variable en función del cumplimiento de los resultados obtenidos por el módulo (ID) que será igual para todos sus integrantes excepto para quienes no cumplan con la jornada laboral completa (en este caso le corresponderá la parte proporcional al tiempo trabajado) o hayan estado ausente por completo. Dicho incentivo se basa en la eficiencia alcanzada por el módulo obtenida de la relación entre las prendas producidas por el módulo y las prendas asignadas como meta diaria.

Para que un sistema de incentivos sea efectivo, los resultados obtenidos deben ser conocidos por los operarios en tiempo real. Es decir los operarios deben conocer cuánto ganaron “hoy” por el esfuerzo de “hoy”. Para ello, la mejor forma es enseñarles la fórmula del cálculo para que ellos mismos evalúen sus propios resultados y hagan sus propios cálculos. Esta forma de liquidación de incentivos cumple con los requerimientos, ya que los integrantes verán vinculada su remuneración, al resultado global del equipo (Rubinfeld, 2005).

El cálculo del ID resulta de la diferencia entre la producción real y la producción base multiplicada por el precio por prenda, que está dado por la siguiente ecuación:

$$ID = (PR - PB) \times PP$$

Donde:

PR: Producción real

PB: Producción base (partir de la cual se paga el incentivo por cada prenda producida)

PP: Precio por prenda

Para esto se debe fijar un precio por prenda y una base de producción proporcional a los minutos trabajados. Luego, por cada prenda completada por el módulo por encima de la base se pagará dicho precio por prenda. Es destacar que los valores de ID y PP son en función de la política de remuneración de la empresa. Por ejemplo:

Si fijamos $PP = 0.0625$ S/unidad

$PB = 550$ unidades (en 480 minutos)

Y la producción de cierto día fue $PR=700$ unidades, entonces resultará:

$$ID = (700 - 550)\text{unidades} \times 0.0625 \frac{\text{S}}{\text{unidad}} = \text{S}/9.38$$

Es decir, cada integrante del módulo habrá obtenido ese día S/9.38 como parte variable de su remuneración.

4.3.7. Capacitación

Dentro del funcionamiento del grupo existen dos aspectos muy importantes que hacen que una línea modular funcione con la productividad y el nivel de calidad requerido:

La integración de los componentes del grupo, ya sean estos operarios, supervisores, jefes o técnicos para complementarse mutuamente y alcanzar los objetivos de productividad y calidad establecidos.

La comunicación para poder plantear problemas, encontrar soluciones y expresar ideas en un ambiente de respeto mutuo.

El marco para desarrollar estos dos aspectos fundamentales son las reuniones periódicas que mantienen el grupo. Estas reuniones son conducidas por el jefe de planta o por el supervisor, y en ellas se tratan temas de diferente naturaleza, desde lo puramente técnico hasta lo humano, de tal manera que contribuye a mejorar no sólo la gestión productiva, sino también las relaciones humanas y por consiguiente, el clima de trabajo (Rubinfeld, 2005).

Algunos de los temas a tratar son los siguientes:

I. La Cohesión para la tarea

La cohesión para la tarea se relaciona con el modo en que las aptitudes y habilidades de un individuo se conjugan para permitir un desempeño óptimo de un trabajo.

Existen actividades para la formación individual o grupal con un componente de diversión o juego que pueden ser de gran utilidad para promover la integración social, algunos ejemplos son:

compartir información sobre sus primeros trabajos en la confección de prendas o promover actividades que revelen las características en común de los integrantes.

Para desarrollar la cohesión para las tareas, resulta útil realizar actividades que permitan a los miembros evaluar sus respectivas habilidades, fortalezas y debilidades.

II. La Asignación de Roles y Normas

Las normas son las reglas que gobiernan el comportamiento individual o grupal. Atenerse a roles explícitamente definidos permite realizar las tareas de modo eficiente. Los roles y las normas que rigen un funcionamiento productivo son impuestas por un líder que necesariamente tiene que ser el Jefe de Producción. Sin embargo, puede resultar positivo realizar actividades en las cuales se discutan y acuerden los roles y normas del grupo para garantizar su apropiación por parte de los integrantes. En este sentido, el instructor deberá proponer a los equipos que elaboren sus propias reglas o establezcan un "código de cooperación".

III. La Comunicación

Una buena comunicación interpersonal es vital para el desarrollo de cualquier tipo de tarea. Los operarios pueden tener estilos de funcionamiento que faciliten o que obstaculicen la comunicación. Se pueden realizar actividades en donde se analicen dichos estilos. Algunos especialistas sugieren realizar ejercicios donde los integrantes deban escuchar a los demás, dar y recibir información.

IV. La Definición de Objetivos

Es muy importante que todos los operarios tengan objetivos en común en relación con el trabajo individual o de equipo y que cada uno pueda explicar claramente cuáles son estos.

V. La Interdependencia Positiva

El aprendizaje se caracteriza por la interdependencia positiva entre las personas participantes, quienes son responsables tanto de su propio aprendizaje como del aprendizaje de un equipo en general. Sus miembros se necesitan unos a otros y cada persona aprende de los demás compañeros con los que interactúa día a día. Para que los integrantes tomen conciencia y

experimenten lo que significa la interdependencia, se sugiere poner en práctica un ejercicio denominado "supervivencia en una isla"

En el que los compañeros de equipo deben imaginar cuáles son los elementos que necesitarían para sobrevivir en una isla desierta, luego de un naufragio. Luego, deben realizar el mismo análisis de modo grupal. En general, el ranking grupal suele ser más preciso que la mayoría de los individuales. Caso similar en un ejemplo para un sistema de producción modular, los elementos necesarios para el cumplimiento de metas de producción dependen en gran medida de la interdependencia positiva de los operarios.

VI. Ejercicios de relajación

La finalidad es liberar las tensiones a las que está sometido el operario, generando un descanso y una energización apreciable que puede aplicarse en el ámbito laboral o familiar. Este ejercicio debe durar 5 minutos antes de cada reunión grupal, generando un clima distendido y descansado, logrando mejores condiciones para el análisis de los problemas existentes y la creatividad para resolverlos.

VII. Festejos de diversos acontecimientos

Para fortalecer la unidad del grupo se celebran ciertos acontecimientos como cumpleaños, nacimientos, aniversarios y fechas importantes.

Por otro lado, la capacitación tendrá una duración de 30 minutos, los cinco días laborables de las dos primeras semanas; para compensar y motivar al personal se pagara como horas extras, o más de un refrigerio. Estas actividades de capacitación al recurso humano, serán expuestas a todo el personal de la línea modular según un cronograma establecido:

- Tema 1: La Cohesión para la Tarea – 2 días

Contenido:

ACTITUDES y APTITUDES para realizar un trabajo.

POLIVALENCIA: Habilidades; fortalezas para desarrollar un trabajo.

- Tema 2: La Asignación de Roles y Normas – 2 días

Contenido:

NORMAS Y REGLAMENTO INTERNO: Hora de ingreso y salida, permisos, faltas justificadas, injustificadas, etc.

ASIGNACIÓN DE ROLES: Derechos y obligaciones del jefe de producción, almaceneros, operarios de corte, confección y empaque.

- Tema 3: La Comunicación – 2 días

Contenido:

VALORES: Éticos y Morales

COMUNICACIÓN EXITOSA: Empresa exitosa

COMUNICACIÓN: Ejercicios

- Tema 4: La Definición de Objetivos – 2 días

Contenido:

OBJETIVO GENERAL: Objetivo de la empresa

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Objetivos personales

- Tema 5: La Interdependencia Positiva – 2 días

Contenido:

EL APRENDIZAJE: Individual y Colectivo

EL ÉXITO Y LAS OPORTUNIDADES

4.4.Resultados esperados

Mediante la aplicación del sistema de producción basado en celdas de manufactura y el sistema de ingreso controlado se obtienen los siguientes resultados mostrados en la tabla 24.

Tabla 24

Resultados esperados

Rubro	Estado actual	Estado futuro	Ahorro (\$)
Lead time total (LT)	13 días	3 días	2800
Capital inmovilizado	\$ 3 700	\$ 900	
Stock en estantería	7,4 días	0,7 días	1900
Stock en línea de producción	4,6 días	1,5 días	900

Fuente: Elaboración propia

Con la reducción del Lead Time se gana diez días para poder atender otras órdenes de producción, logrando una mayor rotación del capital inmovilizado.

Del VSM futuro (Figura 45) se puede concluir que una prenda demora 3 días en atravesar la línea de costura.

Figura 45
VSM Futuro

Fuente: Elaboración propia

4.5.Consideraciones de implementación

Es imprescindible realizar una inducción donde se realizan actividades para favorecer el trabajo en equipo, la colaboración e integración del personal con la finalidad de revertir esa tendencia individualista a formar y promover la atmósfera de grupo y la comunión entre todos sus participantes en busca del objetivo común.

Con respecto al mantenimiento de las máquinas, se debe contar con un mecánico a disposición de la línea de tal manera que garantice el funcionamiento de las máquinas ante cualquier imprevisto en las mismas.

Es importante considerar el estado en que se encuentran las máquinas que se trabajen en la línea modular, asimismo se debe contar con un registro de los tiempos improductivos por paros o fallas de las mismas de tal manera que nos permita saber qué máquinas son potencialmente críticas que nos pueda llevar a un paro de la línea.

Para el correcto funcionamiento de línea, cada operario debe realizar el mantenimiento básico de una máquina: controlar diariamente el nivel de aceite de su máquina, lubricar diariamente las partes de la máquina que así lo requieran, cambiar aguja cuando sea necesario, limpiar la máquina al final de cada turno con aire comprimido, chequear diariamente el buen funcionamiento de todos los elementos de seguridad y por último, mantener ordenado y limpio el puesto de trabajo (Rubinfeld, 2005).

Cuando existe un cambio de modelo en la línea se debe intentar reducir el tiempo de setup colocando un mini taller en la planta, de tal manera que se anticipe a los cambios que requiera la línea (tener listo los accesorios para la regulación de las máquinas y mantenerlos cerca a las mismas), asimismo tomar en cuenta la herramienta SMED para optimizar aún más el tiempo de setup. Además, el cambio de modelo se debe seguir ciertas actividades que se detallan en el Anexo 6.

Complementar la propuesta del sistema de incentivos con la utilización de dispositivos de información visual en tiempo real a fin de que todos los miembros de la línea modular conozcan el avance en todo momento y tomen acciones correctivas e inmediatas.

4.6.Indicadores de gestión para el control de las propuestas

En este punto se define y elabora los indicadores para el control del proceso de costura. El desarrollo de los indicadores es un foco importante para el monitoreo y control de las operaciones. Es una forma de observar las desviaciones y tomar acciones. Es así, que para conseguir el logro se medirá con los indicadores planteados.

En el área del proceso de costura tenemos 3 objetivos importantes a corto plazo para mejorar la problemática. La reducción del Lead time en el proceso, reducción de los inventarios en estantería y la reducción de los inventarios en la línea de producción para el cumplimiento de la producción programada y de nuestros pedidos en la fecha indicada.

En base a tres objetivos importantes, se ha elaborado indicadores para el control y monitoreo de ellos. Estos vendrían a ser indicadores de verificación y monitoreo diariamente para control del proceso de costura.

Tabla 25

Indicador de cumplimiento de la producción

	DEFINICION DE INDICADORES	Código	
		Versión	01
	Cumplimiento de la producción	Fecha	22/02/2019
		Página	1-1
1. OBJETIVO DEL INDICADOR			
Llegar a la meta diaria de producción.			
2. FORMULA CALCULO			
<div>% cumplimiento de producción=<div><div>Producción real</div><div>Producción planificada</div></div></div>			
2. CARACTERISTICAS DEL INDICADOR			
Semáforo		<div><div></div>> 70%</div>	
		<div><div></div>entre 60% a 70%</div>	
		<div><div></div><60%</div>	
2. RESPONSABLE DE LA GESTION			
Jefe de producción			
2. PUNTO DE LECTURA DEL INSTRUMENTO			
Punto de Lectura: Al finalizar el turno			
Instrumento: Registro en reporte de producción			
2. MEDICION Y REPORTE			
Frecuencia de medición: diario			
Reporte: Formato de reporte de producción			
Responsable: Jefe de producción			
2. RELACIÓN CAUSA - EFECTO			
<div><div>Mayor cumplimiento de la producción</div><div>→</div><div>Mayor Productividad</div></div>			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26
Indicador de nivel de inventario en proceso

	DEFINICION DE INDICADORES	Codigo	
		Versión	01
	Nivel de Inventario en proceso	Fecha	22/02/2019
		Página	1-1
1. OBJETIVO DEL INDICADOR			
Lograr que el nivel de inventario en proceso sea los más reducido posible para cumplir con los tiempos de entrega.			
2. FORMULA CALCULO			
<div>Nivel de inventario en proceso = $\frac{\text{Inventario Real}}{\text{Inventario Proyectado}}$</div> <div>Inventario Proyectado = $\frac{(\text{stock Inter.}+\text{stock en máq.})\times N^{\circ} \text{ de operaciones} +\text{habilitado}}{\text{Tasa de producción al día}}$</div> <div>$\text{InventarioReal} = \frac{\text{Cantidad de Prendas}}{\text{Tasa de producción al día}}$</div>			
3. CARACTERISTICAS DEL INDICADOR			
Semáforo <div><div><div></div><div>≤ 1</div></div><div><div></div><div>> 1</div></div></div>			
4. RESPONSABLE DE LA GESTION			
Jefe de produccion			
5. PUNTO DE LECTURA DEL INSTRUMENTO			
Frecuencia de medicion: Al finalizar el turno Instrumento: Registro en reporte de produccion			
6. MEDICION Y REPORTE			
Frecuencia de medicion: Dos veces al día Reporte: Formato de reporte de produccion Responsable: Jefe de producción			
7. RELACIÓN CAUSA - EFECTO			
<div><div>Menor nivel de inventarios</div><div><div></div><div></div></div><div>→</div><div><div></div><div>Mayor capacidad de respuesta al cliente</div></div></div>			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27
Indicador de control de inventario en estantería

	DEFINICION DE INDICADORES	Codigo	
		Versión	01
	Control de inventario en estantería	Fecha	22/02/2019
		Página	1-1
1. OBJETIVO DEL INDICADOR			
Controlar el nivel de inventario en estantería.			
2. FORMULA CALCULO			
Nivel de ingreso a estantería= $\frac{\# Tarjetas Kanban reales al día}{\# Tarjetas Kanban proyectadas al día}$			
2. CARACTERISTICAS DEL INDICADOR			
Semáforo <div><div><div></div><div>≤ 1</div></div><div><div></div><div>> 1</div></div></div>			
2. RESPONSABLE DE LA GESTION			
Jefe de producción			
2. PUNTO DE LECTURA DEL INSTRUMENTO			
Punto de Lectura: Al finalizar el turno Instrumento: Registro en reporte de producción			
2. MEDICION Y REPORTE			
Frecuencia de medición: Dos veces al día Reporte: Formato de reporte de producción Responsable: Jefe de producción			
2. RELACIÓN CAUSA - EFECTO			
<div><div>Menor nivel de inventarios</div><div><div></div><div></div></div><div>→</div><div><div></div><div>Mayor capacidad de respuesta al cliente</div></div></div>			

Fuente: Elaboración propia

4.7. Análisis costo - beneficio de la implementación de Lean Manufacturing

De acuerdo a las soluciones planteadas, se procederá a realizar el cálculo de los costos que están involucrados en la implementación de la metodología. Estos costos están dirigidos a todas las actividades, tareas, planificaciones y gestiones. Para ello, se debe considerar los siguientes costos de la Tabla 28 que son la base sobre la cual se realizará el análisis:

Tabla 28

Costos de la implementación de Lean Manufacturing

Costos		Unidades	Costo x unidad	Cantidad	Total
Costos de implementación	Rack	Unidad	S/ 800	1	S/ 800
	Brazos metálicos	Unidad	S/ 100	14	S/ 1,400
	Sillas para costura	Unidad	S/ 100	10	S/ 1,000
	tarjetas Kanban	Ciento	S/ 50	1	S/ 50
	Soporte de máquina para coser con ruedas (para poder trasladar las máquinas con facilidad)	Unidad	S/ 200	14	S/ 2,800
Reuniones y capacitaciones	Capacitación a supervisor de producción	Capacitación	S/ 1,500	3	S/ 4,500
	Capacitación a operarios (11)	Capacitación	S/ 2,500	3	S/ 7,500
Costos de personal nuevo	Jefe de producción-Lider Lean	Persona	S/ 2,500	1	S/ 2,500
	Habilitador	Persona	S/ 930	1	S/ 930
Costo Total					S/ 21,480

Fuente: Elaboración Propia

Para el caso del ingreso por ahorro en el tiempo de producción se considera una reducción del Lead time de 10 días en atender una orden de producción por mes, esto representa un ahorro en cantidades monetarias de \$2,880 dólares aproximadamente considerando que cada minuto en costura cuesta \$0.6.

Tabla 29

Ahorro de las mejoras planteadas

Ingreso por ahorro en reducción de tiempos	
Tiempo ahorrado en atender una orden de producción en un mes	10 días
Costo por minuto en costura	\$0.6
Jornada de trabajo	8 h/día
Total de Ahorro	S/9,533

Fuente: Elaboración Propia

Es necesario realizar un flujo de caja del proyecto para así poder visualizar en un corto plazo de 5 meses cómo será el comportamiento de las mejoras planteadas. Así mismo, validar si son factibles para las empresas Pyme peruanas.

Tabla 30: Flujo de Caja Económica

Meses	0	1	2	3	4	5
Ingresos (S/.)						
Ahorro por reducción de tiempo de Lead time		9533	9533	9533	9533	9533
Total Ingresos		9533	9533	9533	9533	9533
Egresos (S/.)						
Capacitación a supervisor de producción		1500	1500	1500		
Capacitación a operarios		2500	2500	2500		
Asistente de producción-Lider Lean		2500	2500	2500	2500	2500
Habilitador		930	930	930	930	930
Total Egresos		7430	7430	7430	3430	3430
Utilidad antes de Impuestos		2103	2103	2103	6103	6103
Impuestos (29.5%)		620	620	620	1800	1800
Utilidad Neta		1482	1482	1482	4302	4302
Inversión						
Rack	-800					
Brazos metálicos	-1400					
Sillas para costura	1000					
tarjetas Kanban	-50					
Soporte de máquina para coser con ruedas	-2800					
Total de Inversión	-4050					
Flujo Neto	-4050	1482	1482	1482	4302	4302

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31

Resultados de Flujo de Caja Económica

Resultados	
TASA DE DESCUENTO	10%
VAN	S/5,247
TIR	43%
B/C	S/1.91

Fuente: Elaboración Propia

El Flujo de Caja económico se presenta en términos de ingresos por el ahorro en los tiempos de producción generadas por las propuestas, en el caso de egresos se está considerando el sueldo del jefe de producción, del nuevo habilitador y de las capacitaciones, que se tendrán por tres meses para la implementación de la metodología.

De este análisis se obtiene que el VAN es de S/. 5,247 y el TIR es de 43%, considerando en ambos casos una tasa de descuento de 10%, que es una tasa promedio aplicada mensual que equivale al costo de oportunidad de las empresas. Sus resultados son favorables, lo que indica que la inversión en las propuestas de mejora si resultan rentable para las empresas Pyme.

Para sostener esta afirmación se explicará los valores obtenidos del VAN, TIR y Beneficio/Costo del proyecto.

- **VAN:** El Valor Actual Neto es positivo con un monto de S/ 5,247. Ello hace ver al inversionista que el proyecto es viable.
- **TIR:** La Tasa Interna de Retorno es del 43%, este porcentaje es superior a la tasa de descuento. Con ello podemos determinar que el proyecto puede ser aceptado.
- **Beneficio/Costo:** Con un valor del 1.91 de este ratio financiero, se concluye que por cada 1 sol invertido se obtendría una utilidad de S/ 0.91 soles.

4.8.Cronograma

Tabla 32
Cronograma

Actividades Semanales		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana
1	Formación de equipos													
2	Planificación y programación													
3	Métodos y tiempos													
4	Matriz de polifuncionalidad													
5	Capacitación													
6	Inducción													
7	Sostenimiento													

Fuente: Elaboración propia

Las actividades que se realizan para diseñar e implantar el módulo:

- Formación de equipos (01 semana): se selecciona al personal indicado para el módulo.
- Planificación y programación (01 semana): se definen familias y estilos, cantidades y fechas; eligiendo lo que se va a confeccionar en el módulo.
- Métodos y tiempos (03 semanas): se estudia cada estilo y operación, rediseñando métodos, estaciones de trabajo, secuencias y disposición de estaciones de trabajo.
- Matriz de polifuncionalidad (01 semana): se registran y determinan los rendimientos mínimos requeridos para cada operación, considerando la ejecución de cada operario a ser integrado en el módulo. Esta matriz no es genérica, sino que es particular y específica para la prenda o familia de prendas.
- Capacitación (01 semana): se entrena a cada operario en diferentes aspectos.
- Inducción (01 semana): se realizan actividades para favorecer el trabajo en equipo, la colaboración e integración del personal.
- Sostenimiento: esto consiste en verificaciones permanentes de dos tipos:

- Semanal, reuniendo al equipo para discutir acontecimientos y resultados, durante una (01) hora.
- Quincenal: reuniendo al equipo para una evaluación de resultados en curso, durante media (05) hora

5. CAPÍTULO IV

En el presente capítulo se realiza la validación de los entregables del Proyecto de Investigación, con el objetivo de verificar el cumplimiento de los aspectos evaluados en cada uno de los capítulos (1, 2, 3 y 4). Por otro lado, se valida el Modelo propuesto por medio del juicio de expertos. Además, se identifica a los principales stakeholders y se calcula mediante el uso de la Matriz de Leopold, el impacto que recibe cada uno de ellos. Por último, se realiza un análisis a profundidad sobre los resultados obtenidos.

5.1. Validación de referencias bibliográficas

5.1.1. Referencias bibliográficas por Tipo

De acuerdo con las referencias bibliográficas utilizadas, se cuenta con 31 artículos científicos indexados y no indexados, de los cuales el 17% hace referencia a artículos científicos sobre el tema de investigación que están relacionados con el proceso de costura y casos de aplicación de las herramientas de Lean manufacturing utilizadas en la propuesta de solución. Por otro lado, el 33% de los artículos científicos están relacionados con casos de éxito e información de herramientas Lean que son más utilizadas, así como también los beneficios que estas producen. Por último, el 7% de los artículos cuentan con información de la situación actual de la industria de la moda y nuevos sistemas de producción. También se ha utilizado un 7% de libros referentes a las definiciones de las herramientas y metodología de Lean Manufacturing; un 2% relacionado con sistema de manufactura flexible y un 2% con la metodología de la investigación. Finalmente, se cuenta con un 22% de información de la situación actual del sector de exportación de prendas de vestir proporcionada de informes y artículos provenientes de instituciones gubernamentales y no gubernamentales como ADEX, SUNAT, Ministerio de Producción, etc; un 7% de normas legales donde brindan información del valor de la UIT y características de una PYME; y finalmente, un 2% de información de páginas web.

Tabla 33

Tipos de Referencias bibliográficas

Tipo de Referencia Bibliográfica	Cantidad	%
Artículos científicos sobre el tema del área de investigación específica	9	17
Artículos científicos sobre temas generales	18	33
Artículos científicos sobre otros temas	4	7
Libro sobre el tema del área de investigación específica	1	2
Libro sobre temas generales	4	7
Libro sobre otros temas	1	2
Normas, leyes y reglamentos	4	7
Informes y reportes institucionales (gubernamentales y no gubernamentales)	12	22
Información de páginas web	1	2
Total	54	100

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Referencias bibliográficas de artículos indexados

Se cuenta con 23 artículos científicos indexados con factor de impacto que sustenta de manera confiable el estado del arte y el marco teórico correspondiente a la bases de datos de Emerald, Springer, Elsevier, etc. Cabe resaltar que los artículos tienen una antigüedad no mayor a 5 años, lo cual respalda el contenido vigente de dichas fuentes utilizadas. Además, se lista la bibliografía con los códigos del ISSN con la finalidad de que se pueda corroborar dichas características anteriormente mencionadas. Adicionalmente, se muestra el indicador de los cuartiles que han sido clasificados de acuerdo a SJR y Scopus, contando con revistas que se encuentran ubicadas en un 39% en Q1, 39% en Q2, 13% en Q3 y por último un 9% en Q4.

Tabla 34

Detalle de referencias bibliográficas

Artículo	Autor	Tema	Año Public.	Revista	ISSN	Indexada Si/No	Factor Impacto 2016	Cuartil
Management of contemporary fashion industry: characteristics and challenges.	Ramune Ciarniene , Milita Vienazindiene	Industria de moda.	2014	Procedia - Social and Behavioral Sciences	18770428	Si	0.16 (2015)	Q3
Fast-fashion consumers' post-purchase behaviours.	Hyun-Mee Joung	Comportamiento de los consumidores en la moda.	2014	International Journal of Retail and Distribution Management	9590552	Si	0.47	Q2
Assembly line balancing in garment industry.	James C. Chen, Chun-Chieh Chen, Ling-Huey Su, Han-Bin Wu, Cheng-Ju Sun	Planificación de balance de línea en costura.	2012	Expert Systems with Applications	9574174	Si	1.43	Q1
Development of a methodology to assist manufacturing SMEs in the selection of appropriate lean tools.	Osama Alaskari, Mohammad Munir Ahmad, Ruben Pinedo-Cuenca	Indicadores clave de rendimiento (KPI), Herramientas Lean, Pequeñas y medianas empresas (PYME).	2016	International Journal of Lean Six Sigma	20404174, 20404166	Si	0.89	Q2
Drivers and Barriers of Lean Implementation in the Greek Manufacturing Sector.	Konstantinos Salonitis, Christos Tsinopoulos	Aplicación de Lean en la industria Griega.	2016	Procedia CIRP	2212-8271	Si	1.6	Q1
An empirical study for implementation of lean principles in Indian manufacturing industry.	Naga Vamsi Krishna, Jasti Rambabu Kodali	India, Estudios empíricos, Lean manufacturing, Industria automotriz.	2016	Benchmarking: An International Journal	1463-5771	Si	0.44	Q2
The challenges of lean manufacturing implementation in SMEs.	Anna Dorota Rymaszewska	Implementación de Lean en las PYME	2014	Benchmarking: An International Journal	1463-5771	Si	0.44	Q2

Artículo	Autor	Tema	Año Public.	Revista	ISSN	Indexada Si/No	Factor Impacto 2016	Cuartil
Success factors and barriers to implementing lean in the printing industry: a case study and theoretical framework.	Zuliyanti Hanizan Ainul Azyan, Venkateswarlu Pulakanam, Dirk Pons	Implementación lean en la industria gráfica; factores críticos del éxito.	2017	Journal of Manufacturing Technology Management	1741-038X	Si	0.65	Q2
Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry.	Jafri Mohd Rohania y Seyed Mojib Zahraeea	aplicación de la técnica VSM para mejorar la línea de producción de una industria del color	2015	Procedia Manufacturing	2351-9789	Si	0.11	Q4
Lean thinking in the luxury-fashion market. Evidences from an extensive industrial project.	Gionata Carmignani y Francesco Zammori	Pensamiento Lean en la industria de la moda.	2015	International Journal of Retail and Distribution Management	9590552	Si	0.47	Q2
The optimization design of uniform's hanging production line.	Huirong Cui y Yinong Yan	Diseño de una línea de producción colgante.	2015	International Journal of Clothing Science and Technology	0955-6222	Si	0.22	Q3
How context factors influence lean production practices in manufacturing cells.	Giuliano Almeida Marodin, Tarcísio Abreu Saurin, Guilherme Luz Tortorella, Juliano Denicol	Factores que afectan en la implementación de prácticas lean en Celdas de Manufactura.	2015	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	Si	0.97	Q1
Consideration Regarding the Modeling of Knowledge of Kanban System by Implementing in Technical Academic Institutions.	Ilie Octavian Popp	Sistema Kanban, modelado, sistema centralizado, ingeniería de sistemas de fabricación.	2016	Applied Mechanics and Materials	16609336	Si	0.12	Q4
An adaptive pull strategy for remanufacturing systems.	Katsuhiko Takahashi , Yasuhiro Doi , Daisuke Hirotsu y Katsumi Morikawa	Control de inventario, Sistema Pull.	2014	Journal of Intelligent Manufacturing	0956-5515	Si	1.31	Q1

Artículo	Autor	Tema	Año Public.	Revista	ISSN	Indexada Si/No	Factor Impacto 2016	Cuartil
Kanban-driven parts feeding within a semi-automated O-shaped assembly line: a case study in the automotive industry	Matteo Mario Savino, Antonio Mazza	Técnicas de producción lean (LP) implementadas de forma semiautomática.	2015	Assembly Automation	1445154	Si	0.55	Q1
A Quantitative Analysis of Cellular Manufacturing in Apparel Industry by Using Simulation	Guoqiang Pan	Aplicación de celdas de Manufactura usando simulación.	2014	Journal of Industrial Engineering and Management	20138423, 20130953	Si	0.32	Q2
Lean implementation in Indian process industries – some empirical evidence	Avinash Panwar Rakesh Jain A.P.S. Rathore	Estado actual de manufactura esbelta en las industrias de la india	2015	Journal of Manufacturing Technology Management	1741-038X	Si	0.65	Q2
An analysis of the status of resource flexibility and lean manufacturing in a textile machinery manufacturing company	Gulshan Chauhan	Situación de la flexibilidad y fabricación con Lean en la industria textil.	2016	International Journal of Organizational Analysis	1934-8835	Si	0.25	Q3
Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study.	Brandon Stump, Fazleena Badurdeen	Fabricación bajo pedido, fabricación Lean, Pull, Kanban, CONWIP.	2012	Journal of Intelligent Manufacturing	15728145, 09565515	Si	1.31	Q1
Intelligent production planning for complex garment manufacturing.	P. Y. Mok , T. Y. Cheung , W. K.Wong , S. Y. S. Leung , J. T. Fan	Planificación de prendas complejas.	2013	Journal of Intelligent Manufacturing	15728145, 09565515	Si	1.31	Q1
Complementing lean with quick response manufacturing: case studies.	Fernando J. Gómez P., Moacir Godinho Filho	Lean manufacturing, Fabricación de respuesta rápida, reducción de tiempo de entrega, Make-to-order.	2016	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	Si	0.97	Q1
Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning	Biman Das, Uday Venkatadri, Pankajkumar	Aplicación de Lean en la	2014	International Journal of Advanced Manufacturing	14333015, 02683768	Si	0.97	Q1

Artículo	Autor	Tema	Año Public.	Revista	ISSN	Indexada Si/No	Factor Impacto 2016	Cuartil
coil manufacturing.	Pandey	fabricación de bobinas de aire.		Technology				
Lean implementation within SMEs: a literature review.	Qing Hu, Robert Mason, Sharon J. Williams y Pauline Found	El impacto de la implementación Lean en las PYME y los factores críticos de éxito para la implementación.	2015	Journal of Manufacturing Technology Management	1741-038X	Si	0.65	Q2

Fuente: Elaboración propia

5.2. Validación de los entregables

El presente capítulo tiene como objetivo validar los entregables de los capítulos 1, 2, 3 y 4 de la investigación, basándose en los criterios de evaluación de la rúbrica de cada capítulo.

5.2.1. Objetivos específicos de los capítulos

Objetivo 1: Redactar y presentar el marco teórico que sustenta la tesis a partir de información de artículos académicos indexados (mínimo 20), artículos no indexados, libros con respecto al tema en cuestión y otros recopilados de los últimos cinco años, en los cuales se fundamente las metodologías y herramientas utilizadas.

Objetivo 2: Analizar la información del sector de exportación de prendas de vestir de tejido de punto de algodón y del proceso de costura para realizar el diagnóstico de la situación actual.

Objetivo 3: Diseñar y desarrollar la propuesta de mejora en el proceso de costura mediante herramientas Lean basado en celdas de manufactura flexible, SMED y sistema pull.

Objetivo 4: Evaluar y validar la propuesta de mejora respecto a la viabilidad económica, funcionalidad, sostenibilidad y aplicabilidad; así como los entregables de los capítulos anteriores.

En resumen, el estado de los entregables de la presente investigación (capítulos 1, 2, 3 y 4) se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 35

Detalle de referencias bibliográficas

Objetivo	Descripción	Situación
Capítulo 1	Investigar y seleccionar información del sector para realizar el estado del arte y marco teórico.	Cumplido: Se fundamentó mediante el uso de artículos del sector de confecciones, moda actual y filosofía y herramientas Lean.
Capítulo 2	Analizar la información del sector y del proceso de costura para realizar el diagnóstico de la situación actual.	Cumplido: Se identificaron los procesos críticos del sector y se analizaron las posibles causas con la finalidad de mitigarlas o eliminarlas a través de las herramientas del Lean.
Capítulo 3	Diseñar y desarrollar la propuesta de mejora en el proceso de costura mediante herramientas Lean basado en celdas de manufactura flexible, SMED y sistema full.	Cumplido: Se desarrollaron las propuesta Lean basadas en Manufactura flexible y sistema pull; sin embargo, la propuesta SMED se desarrollara fuera del alcance del curso.
Capítulo 4	Evaluar y validar la propuesta de mejora respecto a la viabilidad económica, funcionalidad, sostenibilidad y aplicabilidad; así como los entregables de los capítulos anteriores.	Cumplido: Se validaron los capítulos 1, 2 y 3 (propuestas desarrolladas por juicio de expertos).

Fuente: Elaboración propia

Se ha cumplido de manera satisfactoria con los objetivos de los tres capítulos del trabajo de investigación; sin embargo, en el capítulo 3 la propuesta SMED se va desarrollar fuera del alcance del curso, ya que se necesita levantar información más técnica y profunda.

5.2.2. Validación del capítulo 1

Las dimensiones que se considera en la evaluación de este capítulo son: Estado del arte Metodología, Investigación, Casos de éxito, Estructura formal y comunicación.

Estado del arte Metodología

El estado del arte se basa en 31 artículos indexados y no indexados; libros respecto a la metodología de investigación y a la filosofía de Lean Manufacturing; y por último, informes donde se presentan normas, leyes, reglamentos y reportes institucionales gubernamentales y no gubernamentales respecto al sector y al campo en estudio (producción).

Investigación

La presente investigación es sostenida por 23 artículos indexados no mayores a 5 años de antigüedad, los cuales se centran en el sector de exportación de prendas de vestir, la moda en la actualidad, la filosofía Lean Manufacturing y sus principales herramientas, y los casos de éxito.

Tabla 36

Artículos científicos indexados

N°	Artículo	Año Public.	Indexada Si/No
1	Success factors and barriers to implementing lean in the printing industry: a case study and theoretical framework.	2017	Si
2	Development of a methodology to assist manufacturing SMEs in the selection of appropriate lean tools.	2016	Si
3	Drivers and Barriers of Lean Implementation in the Greek Manufacturing Sector.	2016	Si
4	An empirical study for implementation of lean principles in Indian manufacturing industry.	2016	Si
5	Consideration Regarding the Modeling of Knowledge of Kanban System by Implementing in Technical Academic Institutions.	2016	Si
6	An analysis of the status of resource flexibility and lean manufacturing in a textile machinery manufacturing company.	2016	Si
7	Complementing lean with quick response manufacturing: case studies.	2016	Si
8	Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry.	2015	Si
9	Lean thinking in the luxury-fashion market. Evidences from an extensive industrial project.	2015	Si
10	The optimization design of uniform's hanging production line.	2015	Si
11	How context factors influence lean production practices in manufacturing cells.	2015	Si

N°	Artículo	Año Public.	Indexada Si/No
12	Kanban-driven parts feeding within a semi-automated O-shaped assembly line: a case study in the automotive industry.	2015	Si
13	Lean implementation in Indian process industries – some empirical evidence.	2015	Si
14	Lean implementation within SMEs: a literature review.	2015	Si
15	Management of contemporary fashion industry: characteristics and challenges.	2014	Si
16	Fast-fashion consumers' post-purchase behaviours.	2014	Si
17	The challenges of lean manufacturing implementation in SMEs.	2014	Si
18	An adaptive pull strategy for remanufacturing systems.	2014	Si
19	A Quantitative Analysis of Cellular Manufacturing in Apparel Industry by Using Simulation.	2014	Si
20	Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing.	2014	Si
21	Intelligent production planning for complex garment manufacturing.	2013	Si
22	Assembly line balancing in garment industry.	2012	Si
23	Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study.	2012	Si

Fuente: Elaboración propia

Casos de éxito

Para un alcance de la aplicación del Lean Manufacturing se utiliza 5 casos de éxito, donde en todos se evidencia la reducción de los desperdicios encontrados.

El primer caso de éxito es una microempresa colombiana de confección que logró que el desarrollo de sus productos sea más ágil aplicando lean; el segundo, es una empresa de la india que logró incrementar su producción a través de SMED y VSM (mapa de valor); el tercero, es

una fábrica de costura que logró reducir en 96% los residuos de producción a través de la redistribución de su línea de producción; el cuarto, es una empresa italiana que a través de SMED y 5S lograron reducir sus tiempos en el proceso de almacenamiento; y por último, una fábrica de camisas y pantalones lograron aumentar su eficiencia mediante la producción Lean.

Tabla 37

Artículos con los casos de éxito

Nº	Artículo	Año
1	Lean thinking in the luxury-fashion market. Evidences from an extensive industrial project	2015
2	The optimization design of uniform's hanging production line	2015
3	Cómo una microempresa logró un desarrollo de productos ágil y generador de valor empleando Lean	2014
4	Implementing Lean Manufacturing in the Sewing Industry	2012
5	The Development and Implementation of Lean Manufacturing Techniques in Indian garment Industry	2011

Fuente: Elaboración propia

Estructura formal y comunicación

La comunicación empleada en el presente trabajo es parcialmente profesional y existen algunos problemas de redacción, los cuales son de menor grado.

Tabla 38

Estado de la validación del capítulo 1

DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN	VALIDACIÓN
ESTADO DEL ARTE METODOLOGÍA	Presenta la información del estado del arte de la metodología, entorno de la industria y marco normativo de forma pertinente y completa, hilvanado las ideas sustentadas en la investigación realizada.	Cumplido
INVESTIGACIÓN	La investigación es sostenida con 20 o más artículos de investigación de bases de datos indexadas con una antigüedad no mayor a 5 años y factor de impacto	Cumplido
CASOS DE ÉXITO	Presenta 5 casos de éxito relacionados a la investigación realizada y al sector de la empresa en estudio	Cumplido
ESTRUCTURA FORMAL Y COMUNICACIÓN	Se comunica de manera clara y precisa, utilizando una redacción 100% profesional, sin errores de redacción u ortografía. Aplica correctamente el formato de gráficos, tablas y bibliografía.	Por cumplir

Fuente: Elaboración propia

En resumen se ha cumplido de manera satisfactoria el desarrollo del capítulo 1 de la investigación, siendo sustentada por información de artículos indexados (mínimo 20) y recopilados de los últimos cinco años, sin embargo se deberá tomar en cuenta las nuevas incorporaciones de nuevos artículos si así lo amerita el caso. Por último, se debe mejorar la redacción en general.

5.2.3. Validación del capítulo 2

Las dimensiones que se considera en la evaluación de este capítulo son: Sector, Diagnóstico, Hipótesis y Comunicación.

Tabla 39

Estado de la validación del capítulo 2

DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN	VALIDACIÓN
SECTOR	Presenta la información del sector, presenta el problema y lo fundamenta con estadística y con datos del mercado. Muestra el impacto económico que genera el problema. La información es clara y contundente.	Cumplido: Se muestra el sistema de producción, los procesos críticos, los desperdicios más comunes que presentan las empresas PYME del sector. Por otro lado, se presentan los impactos económicos y sociales que genera la baja competitividad del sector basadas en informes gubernamentales fundamentadas en estadísticas actuales.
DIAGNÓSTICO	Realiza el diagnóstico al 100%, hallando las causas raíces del problema, comprobándolas y dándoles una ponderación, con lo que evidencia el impacto que generan en el problema de estudio.	Cumplido: Se ha realizado el diagnóstico al 100% evidenciado el problema de la baja competitividad que presentan las pequeñas y medianas empresas del sector exportador de prendas de vestir, asimismo se realiza un análisis de impacto económico que conlleva dichos problemas.
HIPÓTESIS	Presenta una hipótesis coherente y correctamente formulada con el problema presentado y la metodología seleccionada.	Cumplido: Se analizó la raíz del problema y sus consecuencias, con lo cual se determinó las herramientas Lean pertinentes a utilizar, de tal manera que se mitigue o elimine los desperdicios generados por dichos problemas.
COMUNICACIÓN	Se comunica de manera clara y precisa, utilizando una redacción 100% profesional, sin errores de redacción u ortografía. Aplica correctamente el formato de gráficos y tablas.	Por cumplir: La comunicación empleada en el presente trabajo es parcialmente profesional y existen algunos problemas de redacción, los cuales son de menor grado.

Fuente: Elaboración propia

Se ha cumplido de manera satisfactoria el desarrollo del capítulo 2 de la investigación, presentando con claridad la situación actual, el análisis y el diagnóstico. Por otro lado, se muestra la hipótesis, objetivos y propuestas de acuerdo a los problemas identificados. En cuanto a la redacción se debe mejorar en general.

5.2.4. Validación del capítulo 3

Las dimensiones que se considera en la evaluación de este capítulo son: Diseño de las Propuestas, Desarrollo de las propuestas, Consideraciones de Implementación y Comunicación.

Tabla 40

Estado de la validación del capítulo 3

DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN	VALIDACIÓN
DISEÑO DE LAS PROPUESTAS	El 100% de las propuestas corresponden directamente a las causas-raíz más relevantes del diagnóstico, y están dentro del ámbito de la Ingeniería Industrial. Diseño de la propuesta al 100%.	Cumplido: Se diseñaron las propuestas de celdas de manufactura flexible y sistema pull para la nueva línea de producción esbelta; sin embargo, el diseño de la propuesta SMED para el cambio de modelo se va desarrollar fuera del alcance del curso.
DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS	Las propuestas han sido desarrolladas con un alto nivel de detalle. El uso de metodologías y herramientas de la Ingeniería Industrial se evidencia muy claramente.	Cumplido: Se ha desarrollado las propuestas de celdas de manufactura flexible y sistema pull, ya que presentan los siguientes módulos: balance de línea, layout de la línea, diseño del puesto de costura, perfil del operario, backup de máquina, plan de incentivos y capacitaciones; sin embargo, el desarrollo de la propuesta SMED para el cambio de modelo se va desarrollar fuera del alcance del curso, ya que se necesita levantar información más técnica y profunda.
CONSIDERACIONES DE IMPLEMENTACIÓN	Incluye una definición muy completa de consideraciones de implementación como cronogramas, capacitaciones, presupuestos, limitaciones, etc. De por lo menos una de las propuestas.	Cumplido: En la propuesta de celdas de manufactura se incluyen ciertas consideraciones para que la implementación sea flexible y sostenible en el tiempo (capacitaciones, incentivos, presupuesto, etc.)
COMUNICACIÓN	Se comunica de manera clara y precisa, utilizando una redacción 100% profesional, sin errores de redacción u ortografía. Aplica correctamente el formato de gráficos y tablas.	Por cumplir: La comunicación empleada en el presente trabajo es parcialmente profesional y existen algunos problemas de redacción, los cuales son de menor grado.

Fuente: Elaboración propia

Se ha cumplido de manera satisfactoria con el desarrollo y diseño de las propuestas de celdas de manufactura flexible y sistema pull, incluyendo ciertas consideraciones para que la implementación sea flexible y sostenible en el tiempo; sin embargo, el desarrollo de la propuesta SMED para el cambio de modelo se va desarrollar fuera del alcance del curso, ya que se necesita levantar información más técnica y profunda.

5.3. Validación del modelo y las propuestas

5.3.1. Juicio de Experto

Se seleccionó un grupo de expertos del tema a tratar, entre ellos 4 expertos de habla inglesa y 2 usuarios de las PYME encuestadas para validar el modelo y las propuestas desarrolladas en el presente trabajo, para esto se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

Tabla 41

Criterios para la Evaluación del Modelo Propuesto

DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
ESTRUCTURA	Presenta una secuencia lógica y de fácil comprensión.
HALLAZGOS	Los hallazgos (desperdicios, procesos críticos y Lead Time) encontrados reflejan la realidad del sector.
PERTINENCIA	La propuesta basada en Lean Manufacturing responde a la problemática del sector.
VIABILIDAD	Factible para su aplicación en PYME del sector y posibilidad de alcanzar los objetivos en los tiempos previstos y con los resultados esperados.
INNOVACIÓN	Las propuestas Lean planteadas en el proyecto implican nuevos aportes para el sector.
MEDICIÓN	Los indicadores (Lead time) del resultado propuesto son pertinentes para la investigación.
APLICABILIDAD	Grado en el que las propuestas planteadas en el proyecto podrían aplicarse en los sectores/empresas del Perú y de otros países.
SOSTENIBILIDAD	La propuesta es perdurable en el tiempo.

Fuente: Elaboración propia

El proceso de validación lo realizaron dos tipos de validadores; el primero, dos usuarios de las PYME peruanas de confecciones evaluaron las propuestas planteadas mediante una entrevista, la cual consistió:

Explicación de los objetivos de la investigación a los usuarios.

Presentación de las propuestas planteadas para el proceso de costura aplicando un sistema pull y celdas de manufactura flexible en las PYME peruanas de confecciones.

Evaluación de los usuarios a través de la matriz elaborada.

El segundo, cuatro expertos de la metodología Lean evaluaron las propuestas planteadas a través de correos electrónicos, donde se envió:

Un resumen que contiene la situación actual de las PYME peruanas, la problemática y las propuestas, diseñadas y desarrolladas.

La matriz de validación elaborada por el grupo de investigación 2017- 02 y un instructivo para el llenado de la misma.

El formato entregado a cada uno de los expertos para la validación se encuentra en el Anexo 8.

5.3.2. Presentación de los expertos

Para la validación de la propuesta en el proceso de costura de las PYME peruanas del sector de confecciones para exportación, se consiguió la aceptación de 04 expertos de habla inglesa con conocimientos de Lean manufacturing; y 02 expertos de las PYME peruanas.

Expertos

Gulshan Chauhan

Director de Quantum School of Technology, Quantum Global Campus - Roorkee, Uttarakhand, India. La gestión del Dr. Gulshan Chauhan inició en el año 2015 hasta la actualidad.

Durante la gestión del Dr. Chauhan, Quantum ha sido galardonado por el Colegio de Ingeniería N° 1 en el Norte de la India promoviendo

investigaciones académicas.

Experiencia:

Director, Quantum Global Campus

Febrero de 2015 – actualidad (2 años y 8 meses)

Principal, Panipat Institute of Engineering & Technology, Samalkha

Julio de 2013 – febrero de 2015 (1 año y 8 meses)

Associate Professor, Haryana College of Technology & Management, Kaithal

Agosto de 2006 – Diciembre de 2008 (2 años y 5 meses)

Sr. Lecturer, JMIT, Radaur

Abril de 1996 – Agosto de 2006 (Duración del empleo 10 años y 5 meses)

Ilie Octavian Popp

Assist. Prof. de la facultad de Ingeniera de Sibiu, Rumania.
Cuyas áreas de actividad científica son: máquinas y sistemas de producción; diagnóstico y mantenimiento de máquinas, equipos, sensores y transductores; y monitoreo de sistemas de fabricación.

Experiencia:

Assist. Prof. Lucian Blaga University of Sibiu

Marzo de 1992 – actualidad (25 años y 7 meses)

Uday Venkatadri

Uday Venkatadri, es profesor asociado en el departamento de Ingeniería Industrial en la Universidad de Dalhousie en Halifax, Nueva Escocia. Los intereses de investigación de Uday se encuentran en la planificación de instalaciones y en la gestión de la cadena de suministro, enseñando cursos en estas áreas, así como en investigación operativa, modelización de sistemas industriales, sistemas de información, algoritmos y control de calidad.

Experiencia:

Prof. Ing. Industrial, Universidad de Dalhousie, Halifax, Nueva Escocia.

Julio de 2001 – actualidad (16 años y 3 meses)

Arquitecto líder en productos de planificación de la cadena de suministro, Baan

Investigador Asociado, Universidad Laval, Québec.

Avinash Panwar

Avinash Panwar es un PhD. de Lean Manufacturing, ha realizado investigaciones acerca del Lean en la India, lo cual le ha permitido obtener un reconocimiento a su trabajo por la revista Emerald Publishing House en el año 2014. Sus campos de interés incluye Lean Manufacturing, evaluación comparativa, gestión de operaciones en industrias de procesos y automatización.

Experiencia:

Director, Center for E-Governance (Jaipur, India) desde febrero del 2017 hasta la actualidad.

Senior Lecturer, Technical Education Department, Government of Rajasthan (Jaipur, India) desde setiembre del 2010 hasta febrero del 2017.

Assistant Professor, Rajasthan Technical University (Kota, India) desde setiembre del 2008 hasta agosto del 2010.

Usuarios

Mirko Benjamín Montañez Chávez (ACMM)

Estudió Derecho en la PUCP con especializaciones en Derecho Administrativo y Tributario, Marketing y Derecho Empresarial. Con la experiencia adquirida formó la empresa Diseño ACMM SAC en el año 2010, inscrita en Registros Públicos y SUNAT en el 2011, para poder dedicarse a la fabricación, almacenamiento y exportación de prendas de vestir, teniendo como principales mercados a Canadá, Estados Unidos y Puerto Rico.

Jorge Villacorta (JOPE)

Especialista en Dirección estratégica y gestión de operaciones en empresas industriales. Actualmente es Gerente General de Jope Representaciones S.A.C., donde trabaja desde mayo del 2008 hasta la actualidad. Jope es una empresa dedicada a la producción y exportación de prendas de vestir a países de todo el mundo.

5.3.3. Resultados de la validación

El consolidado de las evaluaciones de los expertos contactados se encuentra en la siguiente matriz.

Tabla 42

Calificación de los expertos

DIMENSIONES	UDAY VENKATADRI	ILIE POPP	AVINASH PANWAR	GULSHAN CHAUHAN	ACMM	JOPE	PROMEDIO	APROBACIÓN
ESTRUCTURA	4	4	5	4	4	4	4.2	83%
HALLAZGOS	4	4	5	5	3	4	4.2	83%
PERTINENCIA	4	4	5	4	3	4	4.0	80%
VIABILIDAD	5	4	5	4	3	4	4.2	83%
INNOVACIÓN	5	4	4	4	4	4	4.2	83%
MEDICIÓN	5	4	5	4	4	5	4.5	90%
APLICABILIDAD	5	4	4	4	4	4	4.2	83%
SOSTENIBILIDAD	5	4	4	4	4	4	4.2	83%
PROMEDIO	4.6	4.0	4.6	4.1	3.6	4.1	4.2	84%
APROBACIÓN	93%	80%	93%	83%	73%	83%	84%	

Fuente: Elaboración propia

Los expertos han calificado el proyecto, en promedio, con una puntuación de 4.2 de 5, lo que significa que están de acuerdo con el modelo planteado, logrando una aprobación del 84%.

Figura 46

Promedio de calificación de los expertos

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 46; el criterio con mayor aprobación (90%) es medición, ya que el indicador elegido para esta investigación (Lead Time), según los expertos, es un factor fundamental debido a que el sector requiere una mayor capacidad de respuesta ante las exigencias del mercado actual. Los criterios que le siguen son estructura, hallazgos, viabilidad, innovación, aplicabilidad, sostenibilidad y pertinencia con un porcentaje de aprobación del 83%, siendo los más relevantes; pertinencia, porque las propuestas atacan directamente a las causas y a los desperdicios encontrados; sostenibilidad, porque las soluciones planteadas contemplan y controlan factores que pueden impactar negativamente en la sostenibilidad; y viable, porque no requiere una fuerte inversión.

Por otro lado, en la figura 47 se puede observar que el usuario “ACMM” tiene una posición neutra en los criterios de viabilidad, pertinencia y hallazgos, ya que califica al modelo con un

puntaje 3 (ni de acuerdo ni desacuerdo), debido a que las empresas PYME peruanas de confecciones desconocen los grandes beneficios de la metodología Lean Manufacturing.

Figura 47

Validación de las propuestas

Fuente: Elaboración propia

5.4.Evaluación de impactos

Para la evaluación de impactos se realiza una comparación de dos metodologías (Leopold y Batelle) para saber cuál es la más apropiada para el trabajo de investigación.

Tabla 43

Metodologías de evaluación de impactos

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
METODO LEOPOLD	Es de bajo costo y permite identificar los posibles impactos a partir de una visión del conjunto de las interacciones posibles	El proceso de evaluación es subjetivo. No contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto.
	Permite la estimación subjetiva de los impactos mediante la utilización de una escala numérica	No permite visualizar las interacciones ni los impactos de un factor afectado sobre otros factores.
	Comparación de alternativas	No distingue entre efectos a corto y largo plazo

	La determinación de interacciones	Los efectos no son exclusivos o finales, existe la posibilidad de considerar un efecto dos o más veces
	La identificación de las acciones del proyecto que causan impactos de menor o mayor magnitud e importancia	
	Es un método que puede ser aplicado de forma rápida y eficaz	
METODO BATELLE	Los resultados son cuantitativos y pueden compararse con los de otros proyectos sin tomar en cuenta el tipo o quién los realizó	Los índices de calidad ambiental disponibles son los desarrollados en su concepción natural y no son válidos para medios distintos (requiere adaptabilidad en proyectos distintos)
	Es sistematizada para la comparación de alternativas (induce a la toma de decisión)	La lista de indicadores es limitada y arbitraria, no toma en cuenta las relaciones entre componentes ambientales y las interacciones causa-efecto
	Destaca su valor para apreciar la degradación del medio como resultado del proyecto en su conjunto y en sus particularidades	

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionó la matriz de LEOPOLD, ya que se puede adaptar a diferentes proyectos de manera rápida y eficaz; adicionalmente, permite la estimación subjetiva de los impactos mediante la utilización de una escala numérica, la cual se puede analizar diferentes interacciones evaluando la magnitud e importancia; y por último es de bajo costo.

5.4.1. Identificación de Stakeholders

Para identificar a los stakeholders, el grupo de investigación realizó una lluvia de ideas, considerando a todos los involucrados de las actividades de la empresa, tanto internos como externos a la organización.

Matriz de Identificación de Stakeholders

A través de un brainstorming se pudo identificar en la matriz ICRA 2015, los siguientes stakeholders:

Tabla 44

Matriz de identificación de Stakeholders

Stakeholders	¿Considera a esta persona, grupo u organización un actor clave?	¿Por qué?
PYME	Si	Las propuestas en el proyecto de investigación están dirigidas a las PYME del sector confecciones.
Trabajadores del sector	Si	Son el principal recurso para que los procesos se desarrollen satisfactoriamente.
Estado	Si	Con las propuestas planteadas se logrará incrementar la competitividad en el sector, disminuyendo el desempleo y el cierre de empresas del rubro.
Clientes	Si	Los clientes logran obtener sus productos a tiempo con la finalidad de ser competitivos en el mercado.
Competidores	Si	Las organizaciones que buscan captar mercados y asegurar la fidelidad de estos, siempre deberán de tener en cuenta la existencia de la competencia y de la necesidad de obtener ventajas competitivas para superar a sus competidores en términos de creación de valor.
Proveedores internos	Si	Se debe tomar en cuenta los proveedores internos para generar sinergia entre los procesos de tal manera que busquen un objetivo común.
Asociaciones del rubro	Si	Las asociaciones del rubro se encargan de fortalecer el sistema de producción del sector con la finalidad de aumentar la competitividad de manera global.
Sociedad	Si	Serán beneficiados con puestos de trabajo, ya que al obtener mayor competitividad, la demanda en este sector se incrementa creando nuevos empleos.
Acreedores	Si	Brindan la posibilidad a las empresas, de mantener una economía estable y eficiente, así como también de seguir sus actividades comerciales; esto trae como consecuencia un mayor aporte al sector económico al cual participan.

Fuente: Elaboración Propia

La metodología usada para definir los stakeholders clave del modelo es la de Mitchell, Agle y Wood (Bernal Y Rivas 2012), que establece tres atributos básicos (Poder, Legitimidad y Urgencia); luego se les asigna una valoración para calificar a los stakeholders más importantes, para ello se utilizó la siguiente escala:

Tabla 45

Escala de valoración para la Identificación de stakeholders

Calificación	Descripción
1	Nulo
2	Leve
3	Moderado
4	Alto
5	Muy Alto

Fuente: Elaboración propia

Los stakeholder que logren un promedio de 4 o más, entonces es considerado como un stakeholder clave. En la tabla siguiente se muestra la matriz de identificación realizada con los miembros del grupo de investigación.

Tabla 46

Matriz de Identificación de Stakeholders

Nº	Stakeholders	Poder	Legitimidad	Urgencia	Promedio	¿Es un stakeholder clave? (sí/no)
1	Pymes	5	5	5	5.0	SI
2	Trabajadores del sector	4	5	4	4.3	SI
3	Estado	5	5	5	5.0	SI
4	Clientes	5	4	4	4.3	SI
5	Competidores	4	3	3	3.3	NO
6	Proveedores internos	4	5	4	4.3	SI

7	Asociaciones del rubro	3	3	4	3.3	NO
8	Sociedad	4	5	4	4.3	SI
9	Acreedores	3	4	3	3.3	NO

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la matriz, los stakeholders claves en la presente investigación son las PYME, los trabajadores del sector, el Estado, los clientes, los proveedores internos y la sociedad.

5.4.2. Tipos de impacto

Una vez identificado los stakeholders se consideran los tipos de impacto más relevantes en el sector:

Tabla 47

Tipos de impacto

TIPO	JUSTIFICACIÓN
SOCIAL	La propuesta pretende elevar la competitividad de las PYME a través de mejorar las competencias de su mano de obra, lo cual conlleva al desarrollo profesional de la misma (Adex 2016). Como consecuencia se logra obtener una mayor demanda, por consiguiente genera nuevos puestos de trabajo en este sector. Desde el punto de vista cultural, existe la resistencia al cambio de sistema de producción Lean vs Tradicional, nulos conocimientos de la metodología, poco entendimiento, entre otros. (Dixit & Gupta, 2013; Salonitis & Tsinopoulos, 2016)
ECONÓMICO	A través de la propuesta, las PYME logran tener una mayor flexibilidad, reduciendo su lead time de producción, de tal manera que disminuye el tiempo de respuesta hacia el cliente logrando reducir considerablemente los gastos de producción y financieros. (OSAMA ET AL. 2016)

Fuente: Elaboración propia

5.4.3. Impacto de las propuestas sobre los Stakeholders

Luego se considera los aspectos más relevantes y se define cada uno de ellos.

Tabla 48

Identificación de aspectos

Stakeholders	Aspecto	Definición del Aspecto
PYME	Económico	Incremento de la productividad
		Incremento del valor de la empresa
		Reducción de costos de producción
	Educación	Adquisición de conocimientos
Clientes	Calidad	Cumplimiento de los requerimientos
	Precio	Precio de acuerdo al mercado
	Tiempo	Entrega a tiempo
	Nivel de servicio	Pedido completo y entregado a tiempo
Trabajadores	Económico	Aumento de ingresos

Stakeholders	Aspecto	Definición del Aspecto
	Social	Mejora el clima y carga laboral
	Educación	Conocimiento y desarrollo de habilidades
Proveedores internos	Desarrollo de alianzas	Mejora en la competitividad
	Educación	Aporte de conocimientos
Sociedad	Económico	Incremento en la generación de empleos
	Social	Aporte al desarrollo de la comunidad
Estado	Económico	Aporte al Producto Bruto Interno (PBI)
	Social	Contribución con la disminución del desempleo y el cierre de empresas del rubro

Fuente: Elaboración propia

Los expertos calificaron el proyecto según magnitud (-3,3) e importancia (1,3) obteniendo la siguiente matriz general como resultado:

Tabla 49
Impacto de las Propuestas (Matriz de Leopold)

			PROMEDIO									
Stakeholders	Aspecto	Definición del Aspecto	Ingreso Controlado basado en sistema PULL	Balance de Línea Modular	Layout de la Línea	Diseño del puesto de costura	Perfil del operario (Polivalentes)	Backup de máquinas	Plan de incentivos	Capacitaciones	Otras consideraciones	
PYME	Económico	Incremento de la productividad	2.3	2.3	2.3	2.7	2.7	1.8	2.5	2.7	2.3	
		Incremento del valor de la empresa	1.8	1.8	1.0	1.3	1.3	0.8	1.2	2.0	1.8	
		Reducción de costos de producción	2.3	2.5	2.5	2.7	2.3	0.3	0.5	1.7	1.8	
	Educación	Adquisición de conocimientos	2.7	2.5	2.3	2.5	2.3	1.5	2.0	2.5	1.8	
Clientes	Calidad	Cumplimiento de los requerimientos	1.2	1.7	1.0	1.2	2.7	0.8	0.8	2.7	2.0	
	Precio	Precio de acuerdo al mercado	1.5	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	
	Tiempo	Entrega a tiempo	2.2	2.5	2.2	2.3	2.8	1.8	2.0	2.3	2.2	
	Nivel de servicio	Pedido completo y entregado a tiempo	2.3	2.7	2.3	2.3	2.8	1.8	2.5	2.5	2.2	
Trabajadores	Económico	Aumento de ingresos	0.8	1.0	0.8	1.0	1.3	0.5	2.7	2.7	1.3	
	Social	Mejora el clima y carga laboral	2.0	2.5	2.5	2.8	2.8	1.5	2.3	2.3	1.7	
	Educación	Conocimiento y desarrollo de habilidades	0.8	1.0	0.8	1.0	2.7	0.3	1.5	2.7	2.0	
Proveedores internos	Desarrollo de alianzas	Mejora en la competitividad	2.7	2.3	2.3	2.0	2.5	2.3	1.5	2.0	1.2	
	Educación	Aporte de conocimientos	1.5	1.0	1.0	1.2	1.3	0.5	0.7	2.0	1.7	
Sociedad	Económico	Incremento en la generación de empleos	0.8	1.7	0.8	0.5	1.8	1.5	1.2	2.0	1.2	
	Social	Aporte al desarrollo de la comunidad	1.5	0.7	0.8	0.8	1.7	0.7	1.0	1.7	1.0	
Estado	Económico	Aporte al Producto Bruto Interno (PBI)	1.5	1.5	1.3	1.8	2.0	0.8	1.3	2.2	1.2	
	Social	Contribución con la disminución del desempleo y el cierre de empresas	0.2	0.3	0.7	0.8	2.2	1.2	1.7	2.3	1.0	
			1.7	1.7	1.5	1.7	2.1	1.1	1.5	2.2	1.6	
			3.6	3.8	3.0	3.3	5.1	1.9	3.0	5.4	3.0	

Fuente: Grupo de Investigación del ciclo 2017_02

Para realizar la valoración del impacto total por cada stakeholder se promedió los valores de magnitud asignados a cada aspecto por cada stakeholder. De la misma manera, se promedió el valor de la importancia para cada caso. Después, se realizó el cálculo del producto de la magnitud promedio por la importancia promedio por cada stakeholder. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 50

Impacto total del Modelo

Stakeholders	Aspecto	Definición del Aspecto	SUB TOTAL	TOTAL	IMPACTO TOTAL (M*I)
PYME	Económico	Incremento de la productividad	2.4	2.0 2.3	4.5
		Incremento del valor de la empresa	2.6		
		Reducción de costos de producción	1.5		
	Educación	Adquisición de conocimientos	1.9		
Clientes	Calidad	Cumplimiento de los requerimientos	2.2	2.4 2.2	5.2
		Precio de acuerdo al mercado	2.0		
		Entrega a tiempo	1.1		
	Nivel de servicio	Pedido completo y entregado a tiempo	1.6		
Trabajadores	Económico	Aumento de ingresos	2.3	1.7 2.1	3.6
	Social	Mejora el clima y carga laboral	2.0		
	Educación	Conocimiento y desarrollo de habilidades	2.5		
Proveedores internos	Desarrollo de alianzas	Mejora en la competitividad	1.4	1.6 2.0	3.4
	Educación	Aporte de conocimientos	1.9		
Sociedad	Económico	Incremento en la generación de empleos	2.1	1.2 1.8	2.1
	Social	Aporte al desarrollo de la comunidad	2.3		
Estado	Económico	Aporte al Producto Bruto Interno (PBI)	1.2	1.3 1.8	2.3
	Social	Contribución con la disminución del desempleo y el cierre de empresas	1.7		

Fuente: Elaboración Propia

Con los valores obtenidos de la matriz de impacto total, se realizó el análisis del impacto que generan las propuestas en cada stakeholders. En la figura 47 se observa que las propuestas impactan en mayor medida a las PYME y clientes con un valor de 4.5 y 5.2 respectivamente; esto es debido a que las propuestas planteadas mejoran la capacidad de respuesta y disminuyen el lead time, garantizando una entrega con éxito que les permita aumentar su competitividad.

Figura 48
Valoración del impacto por stakeholder

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, se realizó el análisis del impacto por módulo de las propuestas. En la figura 48 se puede observar que el modulo “Backup de máquinas” tiene un menor impacto con una puntuación promedio de 1.9, esto se debe a que, para algunos expertos, es ligeramente perjudicial económicamente sin embargo no es relevante a comparación de los demás módulos desarrollados.

Figura 49
Valoración del impacto por módulos

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla 51 se pudo identificar que, tanto la propuesta “sistema pull” como “celdas de manufactura flexible” generan el mismo impacto en el proceso de costura, ya que ambas son fundamentales para sostener el sistema de reducción de desperdicios, que principalmente son las esperas e inventarios, logrando reducir el lead time.

Tabla 51

Valoración del impacto por propuesta

Propuesta	Módulos	Impacto promedio	Impacto por propuesta
Sistema Pull	Ingreso controlado	3.6	3.6
Celdas de manufactura flexible	Balance de línea modular	3.8	3.6
	Layout de la línea	3	
	Diseño del puesto	3.3	
	Perfil del operario	5.1	
	Backup de máquinas	1.9	
	Plan de incentivos	3	
	Capacitaciones	5.4	
	Otras consideraciones	3	

Fuente: Elaboración Propia

5.4.4. Evaluación de riesgos y acciones de contingencia

De la matriz de impacto de las propuestas – matriz de Leopold (ver Ta) se pudo identificar que algunos de los expertos han calificado con magnitudes negativas a la propuesta de “celdas de manufactura flexible” en algunos aspectos que impactan en los stakeholders. Por ello, se realizó un análisis de riesgos y acciones de contingencia mostrado en la tabla 45.

Tabla 52

Riesgos y acciones de contingencia

Stakeholders	Aspecto	Puntaje	Riesgo	Acción de contingencia
PYME	Económico: Reducción de costos de producción	-2	Aumento de costos por adquisición de máquinas para el backup	Mantener actualizado el registro de fallas de las máquinas para anticiparse a las paradas de las mismas, lo cual contribuye a optimizar la compra de máquinas. Esto está contemplado en otras consideraciones.
ESTADO	Social: Contribución con la disminución del desempleo y el cierre de empresas del rubro	-1	Incrementar el desempleo al proponer un perfil con características específicas para trabajar en una celda de manufactura flexible	A través de las capacitaciones se puede mejorar a los operarios que no cumplen en la totalidad con el perfil propuesto para un sistema de manufactura flexible. Esto está contemplado en las capacitaciones y en otras consideraciones como etapa preparatoria.

Fuente: Elaboración Propia

5.5.Simulación en Arena y análisis de los resultados

Para reforzar la validación del proyecto de investigación se ha utilizado el software arena, con la finalidad de demostrar si la propuesta desarrollada, logra reducir los inventarios en proceso y las esperas.

Estado Actual

El diseño de la simulación inicia con el modulo CREATE (Figura U), donde debemos indicar el nombre del módulo, la entidad que ingresa al proceso, la cantidad y la frecuencia del mismo.

Figura 50

Modulo Create

Fuente: Software Arena

Para el estado actual tendríamos lo siguiente:

Nombre: Corte

Entidad: Paquetes de 50

Cantidad: 1

Frecuencia: Ingresa 1 paquete cada 7.5 minutos

Luego, se ingresan los módulos PROCESS (Figura V), los cuales representan las estaciones de trabajo de la línea de producción. En estos módulos se deben ingresar los nombres de cada estación y los tiempos de ciclo de cada tarea, en nuestro caso son 8 módulos que intervienen en la evaluación.

Figura 51
Modulo Process

Process

Name: UNIR.HOMBROS Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource: HOMBROS, 1
<End of list>

Add...
Edit...
Delete

Delay Type: Constant Units: Minutes Allocation: Value Added

Value: 25

☒ Report Statistics

OK Cancel Help

Fuente: Software Arena

Para el estado actual tendríamos lo siguiente:

Unir Hombros

Tiempo de ciclo: 25 minutos

Cerrar cuello

Tiempo de ciclo: 10 minutos

Pegar cuello + etiqueta

Tiempo de ciclo: 25 minutos

Pegar tapete hombro a hombro

Tiempo de ciclo: 20 minutos

Pegar basta de mangas

Tiempo de ciclo: 22.5 minutos

Pegar magas y cerrar costados

Tiempo de ciclo: 31.67 minutos

Basta faldón

Tiempo de ciclo: 22.5 minutos

Inspección final

Tiempo de ciclo: 27.5 minutos

Después, se inserta un SEPARATE (Figura W), el cual duplica las unidades que ingresan a la línea. Donde se debe indicar el número de duplicaciones, en nuestro caso se duplica una vez ya que existen dos estaciones que se pueden realizar en simultáneo.

Figura 52
Modulo Separate

The image shows a 'Separate' dialog box from the Software Arena application. The dialog box has a title bar with a question mark icon and a close button (X). Inside the dialog, there are four input fields arranged in a 2x2 grid. The first row contains 'Name:' with a dropdown menu showing 'Separate 1' and 'Type:' with a dropdown menu showing 'Duplicate Original'. The second row contains 'Percent Cost to Duplicates (0-100):' with a text box containing '50' and '# of Duplicates:' with a text box containing '1'. At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Fuente: Software Arena

Luego, se inserta el módulo BATCH (Figura X), donde se debe indicar el número de elementos acumular. En nuestro caso, la estación “pegar cuello + etiqueta” se necesita juntar los hombros con el cuello para continuar con nuestro flujo del armado de la prenda, por lo tanto el tamaño del batch seria 2.

Figura 53
Modulo Batch

The image shows a software dialog box titled "Batch". It contains the following fields and controls:

- Name:** A dropdown menu with the selected value "HOMB CUELLO".
- Type:** A dropdown menu with the selected value "Permanent".
- Batch Size:** A text input field containing the number "2".
- Save Criterion:** A dropdown menu with the selected value "Last".
- Rule:** A dropdown menu with the selected value "Any Entity".
- Representative Entity Type:** A dropdown menu with the selected value "PAQUETES 50".
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help" are located at the bottom right of the dialog.

Fuente: Software Arena

Luego, se inserta el módulo DECIDE (Figura Y), donde se debe indicar el porcentaje de prendas sin defecto. En nuestro caso, el porcentaje es 94% y 6% de defectos.

Figura 54
Modulo Decide

Decide

Name: Type:

Percent True (0-100): %

OK Cancel Help

Fuente: Software Arena

Por último, se realiza la simulación, donde nos arroja gráficamente lo siguiente:

Figura 55
Simulación del estado Actual

Fuente: Software Arena

La simulación se ha realizado para un lapso de tiempo de 8 horas, que equivale a una jornada de trabajo. Además, se ha determinado 30 replicaciones, lo cual es la cantidad mínima para validar una simulación. El software arena arroja los resultados de la simulación del estado actual, donde se ha analizado lo siguiente:

Figura 56
Resultado de las entidades del sistema Actual

11:58:20

Category Overview

Marzo 3, 2019

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 30Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
PAQUETES 50	176.67	0.00	176.67	176.67	169.17	184.17
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
PAQUETES 50	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
PAQUETES 50	131.27	0.00	131.27	131.27	12.5000	248.36
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
PAQUETES 50	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
PAQUETES 50	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
PAQUETES 50	279.44	0.00	279.44	279.44	169.17	392.53

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
PAQUETES 50	163.00	0.00	163.00	163.00		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
PAQUETES 50	30.0000	0.00	30.0000	30.0000		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
PAQUETES 50	70.5324	0.00	70.5324	70.5324	0.00	133.00

Fuente: Software Arena

De la figura x se puede determinar que al día, en promedio, se tiene un inventario en la línea de 70 paquetes (cada paquete tiene 50 prendas), lo cual equivale a 3500 prendas, esto representa a 6 días de producción.

Asimismo, el tiempo total de espera es de 131 minutos al día, esto representa el 30% de una jornada.

Figura 57
Grado de utilizacion de las estaciones de trabajo del sistema Actual

Fuente: Software Arena

De la figura anterior podemos decir que las únicas estaciones que se maximiza su utilización son “cerrar cuello” y “unir hombros”, además se puede observar que, en promedio, se tiene un 75% de utilización de las estaciones de trabajo ((utilización max + utilización min) / 2).

Estado Futuro

Para el estado actual, no existe modificación alguna con respecto al diseño de la simulación; sin embargo, cambian los datos de procesamiento de cada estación por las propuestas planteadas.

MODULO CREATE

Nombre: Habilitador

Entidad: Paquetes de 20

Cantidad: 1

Frecuencia: Ingresa 1 paquete cada 8 minutos

MODULOS PROCESS

Todos los módulos process se reduce el tiempo de procesamiento en 0.03 min, debido a la propuesta (línea modular basada en celdas de manufactura flexible), la cual reduce la distancia entre estaciones. Asimismo, con los operarios polivalentes se obtiene un ritmo de producción más ajustado, es decir un ritmo “estándar” para todas las estaciones.

Unir Hombros

Tiempo de ciclo: 8.68 minutos

Cerrar cuello

Tiempo de ciclo: 10.74 minutos

Pegar cuello + etiqueta

Tiempo de ciclo: 8.69 minutos

Pegar tapete hombro a hombro

Tiempo de ciclo: 9.24 minutos

Pegar basta de mangas

Tiempo de ciclo: 9.41 minutos

Pegar magas y cerrar costados

Tiempo de ciclo: 9.47 minutos

Basta faldón

Tiempo de ciclo: 9.41 minutos

Inspección final

Tiempo de ciclo: 8.79 minutos

Por último, se realiza la simulación, donde nos arroja gráficamente lo siguiente:

Figura 58
Simulación del Estado Futuro

Fuente: Software Arena

Los resultados de la simulación del estado futuro se muestran a continuación:

Figura 59
Resultado de las entidades del sistema Futuro

13:04:36

Category Overview

Marzo 3, 2019

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 30Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
PAQUETES 12	74.1905	0.00	74.1905	74.1905	72.3700	74.4300
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
PAQUETES 12	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
PAQUETES 12	69.0240	0.00	69.0240	69.0240	2.0600	142.65
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
PAQUETES 12	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
PAQUETES 12	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
PAQUETES 12	116.48	0.00	116.48	116.48	65.7500	176.44

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
PAQUETES 12	171.00	0.00	171.00	171.00		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
PAQUETES 12	129.00	0.00	129.00	129.00		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
PAQUETES 12	28.8606	0.00	28.8606	28.8606	0.00	42.0000

Fuente: Software Arena

De la figura x se puede determinar que al día, en promedio, se tiene un inventario en la línea de 28 paquetes (cada paquete tiene 12 prendas), lo cual equivale a 336 prendas, esto representa a 0.6 días de producción.

Asimismo, el tiempo total de espera es de 69 minutos al día, esto representa el 14% de una jornada.

Figura 60
Grado de utilizacion de las estaciones de trabajo del sistema Futuro

De la figura anterior podemos decir que las únicas estaciones que se maximiza su utilización son “cerrar cuello” y “unir hombros”; sin embargo, a diferencia del estado actual, en promedio, se tiene un 90% de utilización de las estaciones de trabajo.

Conclusiones de la Simulación del Sistema modular basado en celdas de manufactura flexible

- El nivel de inventario en el sistema actual (diario), es de 3 500 prendas, las cuales representan 6 días de producción; por otro lado, en el sistema futuro se reduce el nivel de inventario a 336 prendas que equivale a 0.6 días de producción; es decir, se ha reducido los inventarios en la línea en un 90%.
- El tiempo de espera en el sistema actual (diario), es de 131 minutos; a comparación del sistema futuro, donde presenta un tiempo de espera de 69 minutos, lo cual representa una reducción del 47% con respecto al sistema actual.
- La utilización de las estaciones de trabajo en el estado actual presenta un 75%, mientras que en el estado futuro registra un 90%, logrando una optimización de los recursos del 15% en promedio.

6. CONCLUSIONES

La utilización del value stream map y el análisis con respecto a los siete desperdicios, fue fundamental para analizar los resultados. Esto permitió identificar de manera sencilla las oportunidades de mejora en el proceso de costura del estado actual de las PYME.

Los principales desperdicios en el proceso de costura de las PYME están referidos a inventario en proceso y a las esperas relacionadas con dicho inventario.

La implementación de las dos propuestas, basadas en los conceptos de la manufactura esbelta, se traducen en una mejora significativa en los siguientes rubros: a) Lead time reducido en 77%, de 13 días a 3 días. b) Inventario y esperas en estantería reducidos en 90%, de 7,4 a 0,7 días. c) Inventario y esperas en la línea reducidos en 67%, 4,6 a 1,5 días.

Reduciendo los desperdicios de inventarios y esperas en el proceso de costura, se logró disminuir el lead time, incrementando la competitividad en las PYME peruanas.

Las empresas usuarias a diferencia de los expertos del lean desconocen los beneficios que dicha metodología puede generar, debido a la poca cultura de mejora continua que presentan las PYME peruanas.

7. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION

Estudiar la factibilidad de implementar SMED para el cambio de modelo con la finalidad de minimizar el tiempo, ya que es una necesidad actualmente debido al dinamismo que presenta el sector de las confecciones para exportación.

Estudiar la factibilidad de implementar este tipo de solución en todos los procesos principales del sector de esta industria, con la finalidad de crear sinergia. Esto es importante porque las mejoras tendrían un mayor impacto.

Estudio antropométrico y análisis ergonómico en el proceso de costura para el diseño de puesto y estandarización del trabajo, debido a las largas jornadas que presenta este sector

8. REFERENCIAS

- Acuña, P. (s.f.). *La Gestión de los Stakeholders*. Obtenido de http://www.adenag.org.ar/uploads/congresos/regionales/Ponencia_Acu%C3%B1a.pdf
- ADEX. (2016). *Edición Confecciones y Textiles Boletín informativo mensual Enero 2016*. Obtenido de <http://www.adexdatatrade.com/>
- ADEX. (2016). *Edición Confecciones y Textiles Boletín informativo mensual Mayo 2016*. Obtenido de <http://www.adexdatatrade.com/>
- ADEX. (2017). *Boletín Comercio Exterior Febrero 2017*. Obtenido de <http://www.adexperu.org.pe/>
- Ainul Azyan, Z., Pulakanam, V., & Pons, D. (2017). Success factors and barriers to implementing lean in the printing industry: a case study and theoretical framework. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28, 1-27.
- Alaskari, O., Munir Ahmad, M., & Pinedo Cuenca, R. (2016). Development of a methodology to assist manufacturing SMEs in the selection of appropriate lean tools. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7, 62-84.
- Almeida Marodin, G., Abreu Saurin, T., Tortorella, G., & Denicol, J. (2015). How context factors influence lean production practices in manufacturing cells. *Int J Adv Manuf Technol*, 79, 1389-1399.
- Arrieta Posada, J. G., Botero Herrera, V. E., & Romano Martínez, M. J. (2010). Benchmarking about Lean Manufacturing in the Textile Sector in Medellin. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 15(28), 142-170.

- Barón Maldonado, D. I., & Rivera Cadavid, L. R. (2014). Cómo una microempresa logró un desarrollo de productos ágil y generador de valor empleando Lean. *Elsevier*, 30, 41-47.
- Bernal, A., & Rivas, A. (2012). Modelos para la identificación de Stakeholders y su aplicación a la gestión de los pequeños abastecimientos comunitarios de agua. *Lebret*, 251-273.
- Carmingnani, G., & Zammori, F. (2015). Lean thinking in the luxury-fashion market. Evidences from an extensive industrial project. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 43, 988-1012.
- Carvallo Munar, E. G. (2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 52-90.
- Centro de información y documentación del Inacal. (2016). *Normas Técnicas Peruanas de Textiles*. Obtenido de <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/prensa/files/TEXTILES.pdf>
- Chauhan, G. (2016). An analysis of the status of resource flexibility and lean manufacturing in a textile machinery manufacturing company. *International Journal of Organizational Analysis*, 24, 107-122.
- Chen, J. C., Chen, C.-C., Su, L.-H., Wu, H.-B., & Sun, C.-J. (2012). Assembly line balancing in garment industry. *Elsevier*, 39, 10073-10081.
- Ciarniene, R., & Vienazindiene, M. (2014). Management of contemporary fashion industry: characteristic and challenges. *Elsevier*, 156, 63-68.

- Das, B., Venkatadri, U., & Pandey, P. (2014). Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71, 307-323.
- Dorota Rymaszewska, A. (2014). The challenges of lean manufacturing implementation in SMEs. *Benchmarking: An International Journal*, 21, 987-1002.
- El Peruano. (2016). *Normas Legales* . Obtenido de <https://www.mininter.gob.pe/sites/default/files/TUPA-UIT-2017.PDF>
- Gómez, F., & Godinho Filho, M. (2016). Complementing lean with quick response manufacturing: case studies. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Santa Fe, México: McGRAW-HILL.
- Instituto de Biomecánica de Valencia. (2004). *Estudio de las condiciones ergonómicas del trabajo en el sector textil*. Obtenido de <https://gestion.ibv.org/gestoribv/index.php/productos/descargables/106-estudio-de-las-condiciones-ergonomicas-del-trabajo-en-el-sector-textil/file>
- International Centre for development oriented Research in Agriculture Stakeholder Matrices - Guidelines. (2015). Obtenido de <http://www.icraedu.org/resources/261/stakeholder+matrices+-+guidelines>
- Joung, H. (2014). Fast-fashion consumers' post-purchase behaviours. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 42, 688-697.

- Krishna Jasti, N., & Kodali, R. (2016). An empirical study for implementation of lean principles in Indian manufacturing industry. *Benchmarking: An International Journal*, 23, 183-207.
- Kumar, S., & Thavaraj, S. (2014). Impact of Lean Manufacturing Practices On Clothing. *International Journal of Textile of Fashion*, 5, 1-14.
- Marudhamuthu, R., Krishnaswamy, M., & Moorthy Pillai, D. (2011). The Development and Implementation of Lean Manufacturing Techniques in Indian garment Industry. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 5, 527-532.
- MINCETUR. (2016). *Reporte Mensual de Comercio Noviembre 2016*. Obtenido de <https://www.mincetur.gob.pe/turismo/>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España. (2010). *Taller de costura*. Obtenido de <http://espaciosescenicos.org/Taller-de-costura-1>
- Ministerio de la Producción. (2015). *Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno*. Obtenido de <https://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2015). *Compendio de Normas sobre Legislación Laboral del Régimen Privado*. Obtenido de http://www.mintra.gob.pe/archivos/file/SNIL/compendio_normas/COMPENDIO_NORMAS_LABORALES_MINTRA_2013.pdf
- Mohd Rohania, J., & Mojib Zahraee, S. (2015). Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry. *Elsevier*, 2, 6-10.

- Mok, P., Cheung, T., Wong, W., Leung, S., & Fan, J. (2013). Intelligent production planning for complex garment manufacturing. *24*, 133-145.
- Obeidat, M., Pei, Z., & Al-Aomar, R. (2012). Implementing Lean Manufacturing in the Sewing Industry. *Industrial and Systems Engineering Research Conference*.
- Octavian Popp, I. (2016). Consideration Regarding the Modeling of Knowledge of Kanban System by Implementing in Technical Academic Institutions. *Applied Mechanics and Materials*, *841*, 379-386.
- Pan, G. (2014). A Quantitative Analysis of Cellular Manufacturing in Apparel Industry by Using Simulation. *Journal of Industrial Engineering and Management*, *5*, 1385-1396.
- Panwar, A., Jain, R., & Rathore, A. (2015). Lean implementation in Indian process industries – some empirical evidence. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 131-160.
- PROMPERU. (2017). *Informe Mensual de Exportaciones: Enero 2017*. Obtenido de <http://www.siicex.gob.pe/siicex/documentosportal/104506851rad6B52F.pdf>
- Rajadell Carreras, M., & Sanchez García, J. (2010). *Lean manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Ramdass, K., & Pretorius, L. (2011). Implementation of modular manufacturing in the clothing industry in kwazulu-natal: a case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, *22*, 167-181.
- Rescalvo Santiago, F., & De la Fuente, J. M. (2004). *Concepción y diseño del puesto de trabajo*. Obtenido de <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&u>

act=8&ved=0ahUKEwj0nb3xuIrWAhXC4yYKHT9eAFUQFggI_{MAA}&url=http%3A%2F%2Fwww.trabajoyprevencion.jcyl.es%2Fweb%2Fjcyl%2Fbinarios%2F451%2F902%2FErgonom%25C3%25ADa_Salud_2_Parte.pdf%3Fblo

Rother, M., & Shook, J. (1999). *Observar para crear valor*. Massachusetts, USA.

Rubinfeld, H. (2005). *Sistema de Manufactura Flexible: Un enfoque práctico*. Buenos Aires, Argentina: La Cuadrícula.

Sachare Castro, W. A., Cespón Castro, R., & Ibarra Mirón, S. (2000). Justo a tiempo y manufactura modular: alternativas para mejorar la competitividad en la industria de la confección”, Organización de la producción y del trabajo. *Universidad EAFIT*.

Salonitis, K., & Tsinopoulos, C. (2016). Drivers and Barriers of Lean Implementation in the Greek Manufacturing Sector. *Procedia, ScienceDirect*, 189-194.

Savino, M., & Mazza, A. (2015). Kanban-driven parts feeding within a semi-automated O-shaped assembly line: a case study in the automotive industry. *Assembly Automation*, 35, 3-15.

SENATI. (2016). *Mejora de Métodos de Trabajo 1*. Obtenido de http://virtual.senati.edu.pe/pub/cursos/mmtr/Manual_mejora_de_metodos_1_Unidad_1.pdf

Sociedad Nacional de Industrias. (2016). *Estadísticas de Exportación del Sector Textil y Confecciones*. Obtenido de <http://www.comitetextilperu.com/Boletin%20Textil/docs/EXPOR.pdf>

- Sociedad Nacional de Industrias. (2016). *Nota de Prensa, WEF publica Informe de Competitividad Global 2016-2017*. Obtenido de http://www.cdi.org.pe/pdf/IGC/2016-2017/NOTA_DE_PRENSA_IGC_WEF_2016-2017_CDI.pdf
- Stump, B., & Badurdeen, F. (2016). Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 107-124.
- Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). *Regimén de exportación definitiva*. Obtenido de <http://www.sunat.gob.pe/>
- Takahashi, K., Doi, Y., Hirotsu, D., & Morikawa, K. (2012). An adaptive pull strategy for remanufacturing systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25, 629-645.
- Universidad Nacional Rio Negro. (2013). *Evaluación del impacto*. Obtenido de <http://unrn.edu.ar/blogs/matematica1/files/2013/04/5%C2%B0-Matriz-de-Leopold-con-plantilla.pdf>
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing: Guía básica*. Balderas, México: Editorial Limusa.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking*. New York, USA: Simon & Schuster.
- World Economic Forum. (2016). *The Global Competitiveness Report 2016–2017*. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf

9. ANEXOS

9.1.Anexo 1: Distritos con mayor exportación de prendas de vestir

DISTRITO	CANTIDAD	VALOR FOB 2016(Miles US\$)	% ACUMULADO	CANT. ACUMULADO
ATE	21	11940.86	14.88%	21
LA VICTORIA	34	11342.75	29.02%	55
SAN JUAN DE LURIGANCHO	28	9208.62	40.50%	83
SANTA ANITA	5	7116.26	49.37%	88
SANTIAGO DE SURCO	12	6014.63	56.87%	100
CHORRILLOS	13	5966.31	64.31%	113
MIRAFLORES	16	3891.94	69.16%	129
SAN LUIS	8	3707.14	73.78%	137
COMAS	7	3707.04	78.40%	144
EL AGUSTINO	6	2117.22	81.04%	150
LINCE	10	2040.86	83.59%	160
SAN MARTIN DE PORRES	5	1968.04	86.04%	165
SAN ISIDRO	7	1618.86	88.06%	172
SURQUILLO	4	1319.64	89.70%	176
LURIN	4	1009.27	90.96%	180
JESUS MARIA	4	861.33	92.03%	184
SAN MIGUEL	8	770.24	92.99%	192
MAGDALENA DEL MAR	5	723.46	93.90%	197
CARABAYLLO	1	643.13	94.70%	198
SAN BORJA	4	628.60	95.48%	202
BREÑA	1	593.96	96.22%	203
PUEBLO LIBRE	7	511.94	96.86%	210
LA MOLINA	5	504.55	97.49%	215
SAN JUAN DE MIRAFLORES	7	455.27	98.06%	222
LOS OLIVOS	2	386.52	98.54%	224
LIMA	7	325.40	98.94%	231
BARRANCO	2	229.60	99.23%	233
SURCO	3	222.17	99.51%	236
VILLA EL SALVADOR	1	129.46	99.67%	237
INDEPENDENCIA	5	115.38	99.81%	242
PACHACAMAC	2	99.28	99.94%	244
CALLAO	2	24.21	99.97%	246
VENTANILLA	1	22.50	99.99%	247
BELLAVISTA	1	5.04	100.00%	248

9.2.Anexo 2: Calculo de la muestra

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

N = 144 tamaño de la población

Z = 90% - 1.65 nivel de confianza

p = 50% probabilidad de éxito

q = 50% probabilidad de fracaso

d = 10% precisión (Error máximo admisible)

n= 46

9.3.Anexo 3: Cuestionario

Por practicidad sólo se presentará las dos primeras secciones del cuestionario

Empresa:		Cuestionario de entrevista		Fecha:
		Entrevistado:		cargo:
		Entrevistador:		
PREGUNTAS GENERALES SECTOR				
1. ¿Cuántos trabajadores tiene (Administrativos, Operativos, total)? ¿Es suficiente para abastecer la demanda?			Observaciones	
Administrativos				
Operativos				
Total				
2. ¿Cuál es su facturación anual en US\$ y prendas?			Observaciones	
Exportación	\$	u		
Local	\$	u		
Total	\$	u		
3. ¿Cuál es el destino de sus exportaciones (país) en %?			Observaciones	
		%		
		%		
		%		
		%		
		%		
4. ¿Cuál es su utilidad por unidad vendida (%)?				
5. ¿Qué % de su capacidad está exportando actualmente?				
6. ¿A disminuido o incrementado sus exportaciones en los últimos 3 años?				
7. Si su nivel de exportación ha disminuido ¿Cuáles han sido los motivos principales?				
8. ¿Ha incrementado o disminuido su % de ganancia en los últimos 3 años?				
9. ¿Qué problemas principales le ocasionan pérdida de ganancias?				
10. ¿Cuánto más podría exportar y en cuánto mejorarían sus utilidades si no tuviese estos problemas?				
11. ¿Qué proceso(s) considera crítico(s) en este sector?				
Corte				
Costura				
Ventas				
Diseño y desarrollo de producto				
Despacho				
Compras				
Otros:				
PREGUNTAS GENERALES LEAN MANUFACTURING				
1. ¿Conoce la filosofía Lean Manufacturing o Producción Esbelta?				
2. ¿Aplica Lean Manufacturing en sus procesos de manera formal y sostenida?				
3. Conoce las siguientes técnicas de Lean Manufacturing:				
5S				
SMED				
TPM (Mantenimiento productivo total)				
Control Visual				
Jidoka				
Técnicas de Calidad				
Sistemas de participación del personal				
Heijunka				
Kanban				

4. Aplica las siguientes técnicas de Lean Manufacturing:		
5S		
SMED		
TPM (Mantenimiento productivo total)		
Control Visual		
Jidoka		
Técnicas de Calidad		
Sistemas de participación del personal		
Heijunka		
Kanban		
5. Considera que la implementación de Lean Manufacturing en sus procesos le permitiría mejorar (califique del 1 al 5)		1 nada, 2 poco, 3 regular, 4 bastante y 5 en gran medida
Competitividad		
Desperdicios		
Tiempos de respuesta		
Exportaciones		
Reprocesos		
Utilidades		
Otros:		
6. En cuánto cree que podría incrementar sus exportaciones implementando LM?		
7. En cuánto cree que podría incrementar sus utilidades implementando LM?		
8. Cuáles de los siguientes desperdicios afectan su negocio: (calificación del 1 al 5)		1 nada, 2 poco, 3 regular, 4 bastante y 5 en gran medida
Espera		
Inventarios		
Defectos		
Transporte		
Movimientos innecesarios		
Sobreproducción		
Sobreprocesamiento		
9. Por qué cree que no se aplican las técnicas de LM en su sector? (califique el nivel de importancia)		1 nada, 2 poco, 3 regular, 4 importante y 5 es muy importante
Falta de información del Lean		
Poco compromiso de la alta gerencia		
Cultura de Mejora		
Otros:		

9.4.Anexo 4: Nivel de competitividad

Colombia

	Rank / 130	Value	Trend
6th pillar: Goods market efficiency	100	4.1	
6.01 Intensity of local competition	24	5.6	
6.02 Extent of market dominance	96	3.4	
6.03 Effectiveness of anti-monopoly policy	69	3.7	
6.04 Effect of taxation on incentives to invest	130	2.6	
6.05 Total tax rate % profits	103	69.7	
6.06 No. of procedures to start a business	94	8	
6.07 Time to start a business days	67	11.0	
6.08 Agricultural policy costs	131	2.9	
6.09 Prevalence of non-tariff barriers	94	4.1	
6.10 Trade tariffs % duty	79	6.4	
6.11 Prevalence of foreign ownership	65	4.5	
6.12 Business impact of rules on FDI	76	4.5	
6.13 Burden of customs procedures	89	3.7	
6.14 Imports % GDP	126	22.2	
6.15 Degree of customer orientation	35	5.1	
6.16 Buyer sophistication	81	3.3	
7th pillar: Labor market efficiency	81	4.1	
7.01 Cooperation in labor-employer relations	48	4.6	
7.02 Flexibility of wage determination	43	5.3	
7.03 Hiring and firing practices	101	3.4	
7.04 Redundancy costs weeks of salary	72	16.7	
7.05 Effect of taxation on incentives to work	107	3.4	
7.06 Pay and productivity	87	3.7	
7.07 Reliance on professional management	78	4.1	
7.08 Country capacity to retain talent	72	3.5	
7.09 Country capacity to attract talent	84	3.1	
7.10 Female participation in the labor force ratio to men	85	0.75	
8th pillar: Financial market development	25	4.8	
8.01 Financial services meeting business needs	61	4.4	
8.02 Affordability of financial services	94	3.5	
8.03 Financing through local equity market	72	3.5	
8.04 Ease of access to loans	62	4.1	
8.05 Venture capital availability	69	2.8	
8.06 Soundness of banks	25	5.8	
8.07 Regulation of securities exchanges	48	4.7	
8.08 Legal rights index 0-10 (best)	1	12	
9th pillar: Technological readiness	64	4.3	
9.01 Availability of latest technologies	82	4.4	
9.02 Firm-level technology absorption	84	4.3	
9.03 FDI and technology transfer	70	4.4	
9.04 Internet users % pop.	69	55.9	
9.05 Fixed-broadband Internet subscriptions /100 pop.	67	11.2	
9.06 Internet bandwidth kb/s/user	33	105.0	
9.07 Mobile-broadband subscriptions /100 pop.	82	41.0	
10th pillar: Market size	35	4.7	
10.01 Domestic market size index	31	4.7	
10.02 Foreign market size index	53	4.9	
10.03 GDP (PPP) PPP \$ billions	31	667.4	
10.04 Exports % GDP	126	14.6	
11th pillar: Business sophistication	59	4.0	
11.01 Local supplier quantity	26	4.9	
11.02 Local supplier quality	40	4.8	
11.03 State of cluster development	80	3.6	
11.04 Nature of competitive advantage	77	3.3	
11.05 Value chain breadth	61	4.1	
11.06 Control of international distribution	70	3.6	
11.07 Production process sophistication	76	3.7	
11.08 Extent of marketing	59	4.5	
11.09 Willingness to delegate authority	53	3.9	
12th pillar: Innovation	79	3.3	
12.01 Capacity for innovation	91	3.9	
12.02 Quality of scientific research institutions	69	3.8	
12.03 Company spending on R&D	101	2.9	
12.04 University-industry collaboration in R&D	48	3.7	
12.05 Gov't procurement of advanced tech. products	80	3.1	
12.06 Availability of scientists and engineers	75	3.9	
12.07 PCT patent applications applications/trillion pop.	61	1.9	

Peru

	Rank / 130	Value	Trend
6th pillar: Goods market efficiency	65	4.4	
6.01 Intensity of local competition	67	5.2	
6.02 Extent of market dominance	96	3.4	
6.03 Effectiveness of anti-monopoly policy	75	3.6	
6.04 Effect of taxation on incentives to invest	66	3.6	
6.05 Total tax rate % profits	63	35.9	
6.06 No. of procedures to start a business	54	8	
6.07 Time to start a business days	109	26.0	
6.08 Agricultural policy costs	79	3.7	
6.09 Prevalence of non-tariff barriers	76	4.3	
6.10 Trade tariffs % duty	36	1.8	
6.11 Prevalence of foreign ownership	45	5.0	
6.12 Business impact of rules on FDI	28	5.2	
6.13 Burden of customs procedures	70	4.0	
6.14 Imports % GDP	123	23.8	
6.15 Degree of customer orientation	51	4.9	
6.16 Buyer sophistication	68	3.4	
7th pillar: Labor market efficiency	61	4.3	
7.01 Cooperation in labor-employer relations	75	4.3	
7.02 Flexibility of wage determination	17	5.8	
7.03 Hiring and firing practices	130	2.5	
7.04 Redundancy costs weeks of salary	41	11.4	
7.05 Effect of taxation on incentives to work	102	3.5	
7.06 Pay and productivity	81	3.8	
7.07 Reliance on professional management	55	4.5	
7.08 Country capacity to retain talent	46	3.8	
7.09 Country capacity to attract talent	47	3.7	
7.10 Female participation in the labor force ratio to men	66	0.81	
8th pillar: Financial market development	26	4.7	
8.01 Financial services meeting business needs	32	4.8	
8.02 Affordability of financial services	32	4.4	
8.03 Financing through local equity market	49	4.0	
8.04 Ease of access to loans	38	4.4	
8.05 Venture capital availability	39	3.2	
8.06 Soundness of banks	31	5.7	
8.07 Regulation of securities exchanges	31	5.3	
8.08 Legal rights index 0-10 (best)	20	8	
9th pillar: Technological readiness	88	3.6	
9.01 Availability of latest technologies	94	4.3	
9.02 Firm-level technology absorption	97	4.2	
9.03 FDI and technology transfer	45	4.7	
9.04 Internet users % pop.	91	40.9	
9.05 Fixed-broadband Internet subscriptions /100 pop.	81	6.4	
9.06 Internet bandwidth kb/s/user	70	43.2	
9.07 Mobile-broadband subscriptions /100 pop.	94	36.7	
10th pillar: Market size	48	4.4	
10.01 Domestic market size index	44	4.3	
10.02 Foreign market size index	63	4.8	
10.03 GDP (PPP) PPP \$ billions	46	389.1	
10.04 Exports % GDP	106	20.9	
11th pillar: Business sophistication	78	3.8	
11.01 Local supplier quantity	42	4.7	
11.02 Local supplier quality	63	4.3	
11.03 State of cluster development	102	3.2	
11.04 Nature of competitive advantage	111	2.8	
11.05 Value chain breadth	105	3.4	
11.06 Control of international distribution	93	3.3	
11.07 Production process sophistication	86	3.6	
11.08 Extent of marketing	56	4.5	
11.09 Willingness to delegate authority	65	3.8	
12th pillar: Innovation	119	2.8	
12.01 Capacity for innovation	111	3.7	
12.02 Quality of scientific research institutions	114	3.1	
12.03 Company spending on R&D	122	2.7	
12.04 University-industry collaboration in R&D	110	2.9	
12.05 Gov't procurement of advanced tech. products	125	2.6	
12.06 Availability of scientists and engineers	114	3.4	
12.07 PCT patent applications applications/trillion pop.	79	0.5	

Vietnam

	Rank / 130	Value	Trend
6th pillar: Goods market efficiency	81	4.2	
6.01 Intensity of local competition	80	5.0	
6.02 Extent of market dominance	71	3.6	
6.03 Effectiveness of anti-monopoly policy	89	3.5	
6.04 Effect of taxation on incentives to invest	75	3.6	
6.05 Total tax rate % profits	75	39.4	
6.06 No. of procedures to start a business	118	10	
6.07 Time to start a business days	103	20.0	
6.08 Agricultural policy costs	58	3.9	
6.09 Prevalence of non-tariff barriers	108	3.9	
6.10 Trade tariffs % duty	91	7.9	
6.11 Prevalence of foreign ownership	88	4.2	
6.12 Business impact of rules on FDI	94	4.2	
6.13 Burden of customs procedures	103	3.5	
6.14 Imports % GDP	8	94.7	
6.15 Degree of customer orientation	109	4.1	
6.16 Buyer sophistication	62	3.5	
7th pillar: Labor market efficiency	63	4.3	
7.01 Cooperation in labor-employer relations	79	4.3	
7.02 Flexibility of wage determination	84	4.8	
7.03 Hiring and firing practices	42	4.1	
7.04 Redundancy costs weeks of salary	104	24.6	
7.05 Effect of taxation on incentives to work	76	3.8	
7.06 Pay and productivity	62	4.0	
7.07 Reliance on professional management	106	3.6	
7.08 Country capacity to retain talent	87	3.2	
7.09 Country capacity to attract talent	74	3.3	
7.10 Female participation in the labor force ratio to men	24	0.92	
8th pillar: Financial market development	78	3.9	
8.01 Financial services meeting business needs	82	4.1	
8.02 Affordability of financial services	61	3.9	
8.03 Financing through local equity market	56	3.8	
8.04 Ease of access to loans	83	3.6	
8.05 Venture capital availability	43	3.2	
8.06 Soundness of banks	117	3.8	
8.07 Regulation of securities exchanges	102	3.8	
8.08 Legal rights index 0-10 (best)	28	7	
9th pillar: Technological readiness	92	3.5	
9.01 Availability of latest technologies	106	4.1	
9.02 Firm-level technology absorption	78	4.4	
9.03 FDI and technology transfer	83	4.2	
9.04 Internet users % pop.	73	52.7	
9.05 Fixed-broadband Internet subscriptions /100 pop.	75	8.1	
9.06 Internet bandwidth kb/s/user	85	24.4	
9.07 Mobile-broadband subscriptions /100 pop.	91	39.0	
10th pillar: Market size	32	4.8	
10.01 Domestic market size index	35	4.5	
10.02 Foreign market size index	25	5.8	
10.03 GDP (PPP) PPP \$ billions	35	552.3	
10.04 Exports % GDP	11	90.4	
11th pillar: Business sophistication	96	3.6	
11.01 Local supplier quantity	86	4.3	
11.02 Local supplier quality	109	3.7	
11.03 State of cluster development	53	3.9	
11.04 Nature of competitive advantage	92	3.1	
11.05 Value chain breadth	112	3.3	
11.06 Control of international distribution	72	3.6	
11.07 Production process sophistication	91	3.5	
11.08 Extent of marketing	99	4.1	
11.09 Willingness to delegate authority	111	3.3	
12th pillar: Innovation	73	3.3	
12.01 Capacity for innovation	79	4.0	
12.02 Quality of scientific research institutions	96	3.4	
12.03 Company spending on R&D	49	3.5	
12.04 University-industry collaboration in R&D	79	3.3	
12.05 Gov't procurement of advanced tech. products	27	3.8	
12.06 Availability of scientists and engineers	84	3.8	
12.07 PCT patent applications applications/trillion pop.	95	0.2	

9.5.Anexo 5: Estudio de tiempos

N° de Observaciones preliminar	5
--------------------------------	---

		OBSERVACIONES (Segundos)					SUMATORIA(Z)	Z-CUADRADOS	n
		1	2	3	4	5			
10	Cerrar cuello	13	12	13	12	10	60	726	14
20	Unir hombros	32	31	31	32	33	159	5059	1
30	Pegar cuello c/ cinta	60	59	59	62	60	300	18006	1
40	Tapete hombro a hombro	46	46	47	45	47	231	10675	1
50	Basta de mangas	50	52	52	50	51	255	13009	1
60	Pegar mangas y cerrar costados	113	110	110	109	113	555	61619	1
70	Basta de faldón	52	53	53	52	54	264	13942	1
80	Inspección final	67	66	66	65	67	331	21915	1

		OBSERVACIONES					T promedio (seg.)	T promedio (min.)	Suplementos (min.)	Tiempo (Obs. + suple.)
		1	2	3	4	5				
10	Cerrar cuello	13	12	13	12	10	12	0.2	0.03	0.2
		13	13	12	12	11				
		12	11	11	13					
20	Unir hombros	32	31	31	32	33	31.8	0.5	0.08	0.6
30	Pegar cuello c/ cinta	60	59	59	62	60	60	1.0	0.16	1.2
40	Tapete hombro a hombro	46	46	47	45	47	46.2	0.8	0.12	0.9
50	Basta de mangas	50	52	52	50	51	51	0.9	0.14	1.0
60	Pegar mangas y cerrar costados	113	110	110	109	113	111	1.9	0.30	2.1
70	Basta de faldón	52	53	53	52	54	52.8	0.9	0.14	1.0
80	Inspección final	67	66	66	65	67	66.2	1.1	0.18	1.3

*Para una línea de costura por lo general resulta 16% de suplementos (necesidades personales 7%, fatiga básica 4% y contingencia 5%) considerando un escenario pesimista (Fuente: OIT)

9.6.Anexo 6: Manual de procedimiento Cambio de modelo

MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE UNA LINEA MODULAR EN EL PROCESO DE COSTURA	CÓDIGO COST-MODEL-01	VERSIÓN: 01
TÍTULO: CAMBIO DE MODELO EN UNA LINEA MODULAR			PÁGINAS: 1 de 3

OBJETIVOS:

El presente documento establece los pasos a seguir para cambios de modelos en una línea modular en el proceso de costura.

ALCANCE:

El presente procedimiento comprende las actividades necesarias para la aplicación de una línea modular para un cambio de modelo, desde realizar el diagrama de operaciones, hasta elaborar la matriz de polifuncionalidad.

RESPONSABILIDAD:

Estará a cargo del jefe de la Línea Modular.

DOCUMENTOS A CONSULTAR:

No existen documentos a consultar.

DEFINICIONES:

Ts: Tiempo estándar

P/H: Prendas por hora

X: Operación asignada al 100%

P: Operación asignada parcialmente

CONDICIONES BÁSICAS:

MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE UNA LINEA MODULAR EN EL PROCESO DE COSTURA	CÓDIGO: COST-MODEL-01	VERSIÓN: 01
TÍTULO: CAMBIO DE MODELO EN UNA LINEA MODULAR			PÁGINAS: 2 de 3

Se requiere que se vuelva a balancear la línea.

Se ajustan las máquinas.

El Layout para el nuevo modelo que va ingresar a la línea.

DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO:

Desarrollar el diagrama de operaciones del modelo a producir.

Elaborar el análisis de precedencia del modelo que ingresara a la línea.

Elaborar la matriz de familia de productos.

Realizar el balance de la línea modular del modelo a producir. (Anexo 7)

Determinar el Backup de máquinas de acuerdo al nivel de ocupación de las máquinas, es decir si una máquina tiene un nivel de ocupación cerca al 100% es necesario tener una adicional ante cualquier contingencia, asimismo se debe tener la misma lógica cuando se trata de una máquina cuya operación es muy compleja, en particular cuando se requiere un reproceso en dicha máquina.

Diseñar el Layout del área de las celdas de manufactura flexible ya que, sufre variaciones de acuerdo a las máquinas resultantes del balance de línea de un producto en específico o familia de productos. Así mismo, Se toma en cuenta las variaciones en cantidad y en ubicación (con respecto al análisis de precedencia), es decir las máquinas deben seguir un flujo continuo ubicando como primeras aquellas máquinas que realicen operaciones predecesoras de otras.

Elaborar el diseño del puesto de trabajo considerando las modificaciones realizadas en el layout de la línea, ya que basado en dichas modificaciones se debe establecer las entradas y salidas de materiales en cada puesto de operación de tal manera que se economice los movimientos del operario.

MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE UNA LINEA MODULAR EN EL PROCESO DE COSTURA	CÓDIGO: COST-MODEL-01	VERSIÓN: 01
TÍTULO: CAMBIO DE MODELO EN UNA LINEA MODULAR			PÁGINAS: 3 de 3

Realizar la matriz de polifuncionalidad considerando dos aspectos muy importantes que cada operario debe poseer:

Dominio en las operaciones que se le asigne de acuerdo al balance de línea modular.

Dominio en la operación anterior y posterior a la asignada.

Realizar las regulaciones de las máquinas y ponerlas en la eficiencia que trabaja la línea.

REGISTROS:

Matriz de Polifuncionalidad

Operación Operario	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8....OPn
A								
B								
C								
D								
E								
F								
G								
H								
I								
J								

X	Operación asignada al 100%
P	Operación asignada parcialmente
*	Próxima etapa de aprendizaje

ANEXOS:

No se registra anexos.

NOMBRE	CARGO	FECHA
Elaborado por: Marleni Escriba	Jefa de Planta	29/06/2017
Aprobado por: Max Chozo	Jefe de Ingeniería Industrial	01/07/2017

9.7. Anexo 7: Manual de procedimientos Balance de línea

MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE UNA LINEA MODULAR EN EL PROCESO DE COSTURA	CÓDIGO: COST-MODEL-02	VERSIÓN: 02
TÍTULO: BALANCE DE LÍNEA MODULAR			PÁGINAS: 1 de 3

OBJETIVOS:

El presente documento establece los pasos a seguir para realizar un balance de línea modular en el proceso de costura.

ALCANCE:

El presente procedimiento comprende desde la toma de tiempos de cada operación hasta el grado de ocupación de la máquina.

RESPONSABILIDAD:

Estará a cargo del jefe de la Línea Modular.

DOCUMENTOS A CONSULTAR:

No existen documentos a consultar.

DEFINICIONES:

Ts: Tiempo estándar

P/H: Prendas por hora

CONDICIONES BÁSICAS:

Se requiere el diagrama de operaciones (DOP).

Desarrollar un árbol de precedencia.

Se necesita los tiempos por cada operación.

MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE UNA LINEA MODULAR EN EL PROCESO DE COSTURA	CÓDIGO: COST-MODEL-02	VERSIÓN: 02
TÍTULO: BALANCE DE LÍNEA MODULAR			PÁGINAS: 2 de 3

7. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO:

Realizar la toma de tiempos por cada operación (tiempo estándar), además considerar los minutos diarios de trabajo y la producción proyectada diaria.

En la columna de “Minutos por operación” se debe indicar los minutos necesarios a asignar en cada operación para cumplir con la producción proyectada. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Minutos por operación} = \text{Producción proyectada} \times T_s$$

En la Columna “Eficiencia real” se debe colocar la eficiencia de los operarios.

En la Columna “Prendas por hora por operario” se debe indicar el número de prendas por hora que debe fabricar un operario en cada operación. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Prendas por hora} = \frac{60 \text{ min/hora}}{T_s \text{ min/prenda}} * \text{eficiencia real}$$

En la columna puesto teórico indica la cantidad de personas teóricas que deberían realizar cada operación y puede ser un número entero o un decimal. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Puestos teóricos} = \frac{\text{Minutos Necesarios por operación}}{\text{Tiempo Neto de trabajo por operario} \times \text{eficiencia real}}$$

En la columna de “Operarios asignados” se asigna a los responsables de realizar las distintas operaciones según los puestos teóricos requeridos para las mismas que se calcularon previamente. Al momento de asignar se debe tomar en cuenta que la suma de asignación de cada operario no debe ser mayor a 1 (100%). Por ejemplo:

$$\text{Carga de trabajo Operario X} \geq \text{Puestos teóricos Op. A} + \text{Op. B}$$

$$\text{Carga de trabajo Operario X} \geq 0.6 + 0.30 = 0.9 = 90\%$$

<p>MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE UNA LINEA MODULAR EN EL PROCESO DE COSTURA</p>	<p>CÓDIGO: COST-MODEL-02</p>	<p>VERSIÓN: 02</p>
<p>TÍTULO:</p> <p>BALANCE DE LÍNEA MODULAR</p>			<p>PÁGINAS: 3 de 3</p>

En la columna “Máquinas por módulo” se refiere a la cantidad de máquinas que estamos colocando en el módulo para la operación indicada o, en algunos casos, para cubrir varias operaciones. Cuando una máquina se ocupa en dos operaciones o más, aparece asignada en la primera de ellas con el número 1, mientras que en las siguientes operaciones se hace referencia a los códigos de operación con las que se comparte la máquina.

Finalmente, en la columna “Grado de ocupación de la máquina” se debe indicar el porcentaje del tiempo total de trabajo del módulo, si está ocupada cada máquina en las respectivas operaciones y su cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de Ocupación Máquina} = \frac{\sum \text{Minutos por Operación}}{\sum \text{Máquinas Asignadas} \times \text{Tiempo de trabajo}} \times 100$$

8. REGISTROS:

Formato de Balance de Línea Modular

BALANCE DE LÍNEA MODULAR		Estilo	NOMBRE DEL MODELO	
Descripción:				MODELO
MINUTOS DIARIOS DE TRABAJO:		Cliente:	EMPRESA ABC	
REDUCCIÓN:				IMAGEN DEL MODELO
TOTAL Ts (min):				
OPERARIOS EN LÍNEA:		Eficiencia Línea:		
PRODUCCIÓN PROYECTADA (Unidad/día):				

[illegible]

9. ANEXOS:

No se registra anexos.

NOMBRE	CARGO	FECHA
Elaborado por: Marleni Escriba	Jefa de Planta	29/06/2017
Aprobado por: Max Chozo	Jefe de Ingeniería Industrial	01/07/2017

9.8.Anexo 8: Formato de validación

VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO EN EL PROCESO DE COSTURA BASADO EN LEAN MANUFACTURING EN EMPRESAS PYME

DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del Experto:

Cargo y empresa donde labora:

Autores del Modelo: Marleni Gloria Escriba Gutierrez ; Max Chozo Gonzales

ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN

DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN				
		Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
1. ESTRUCTURA	Presenta una secuencia lógica y de fácil comprensión.					
2. HALLAZGOS	Los hallazgos (desperdicios, procesos críticos y Lead Time) encontrados reflejan la realidad del sector.					

DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN				
		Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
3.PERTINENCIA	La propuesta basada en Lean Manufacturing responde a la problemática del sector.					
4.VIABILIDAD	Factible para su aplicación en PYME del sector y posibilidad de alcanzar los objetivos en los tiempos previstos y con los resultados esperados.					
5.INNOVACIÓN	Las propuestas Lean planteadas en el proyecto implican nuevos aportes para el sector.					
6.MEDICIÓN	Los indicadores del resultado propuesto son pertinentes para la investigación.					

DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN				
		Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
7.APLICABILIDAD	Grado en el que las propuestas planteadas en el proyecto podrían replicarse en sectores/empresas de otros países.					
8.SOSTENIBILIDAD	La propuesta es perdurable en el tiempo.					

OBSERVACIONES DEL EXPERTO:

CALIFICACIÓN GLOBAL: (Marcar con un aspa)

APROBADO	DESAPROBADO	OBSERVADO

Lugar y fecha:

.....

Firma del Experto

Fuente: Grupo de Investigación del ciclo 2017_02