UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE
TEÑIDO DE TELAS EN UNA EMPRESA TEXTIL**

TESIS

Para optar por el título profesional de: Ingeniero Industrial

AUTOR

Arce Castro, Elena Beatriz (0000-0003-1874-7834)

ASESOR DE TESIS

Eyzaguirre Munarriz, Juan Carlos (0000-0003- 4617-4412)

Lima, 05 de Abril de 2018

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con todo mi amor a mi madre, Guillermina Castro Ferruzo y a mi padre, Francisco Arce Salina; quienes se han sacrificado y esforzado por darme una carrera profesional. La ayuda que me han brindado ha sido vital, han estado conmigo incluso en los momentos en el que estuve a punto de darme por vencida. Este proyecto no fue fácil, pero estuvieron motivándome y ayudándome hasta que logre mi objetivo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar a Dios por permitirme lograr la culminación de unos de los objetivos que me he propuesto en la vida. Agradezco, a mis padres, ya que ellos fueron los que me incentivaron he hicieron suya mi meta. Cada uno de mis logros se los debo a ustedes. Y un especial agradecimiento, a mi madre por enseñarme y transmitirme su responsabilidad e integridad. Muchas gracias Mamá y Papá porque sin ustedes no hubiese sido posible culminar este proyecto.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se encuentra estructurado en cinco capítulos los cuales son los siguientes: Marco teórico y estado del arte, descripción y análisis del proceso actual, propuesta de mejora, validación de la propuesta de mejora, conclusiones y recomendaciones.

El objetivo principal del presente proyecto fue identificar las principales causas de los retrasos del proceso de teñido de tela de una empresa peruana dedicada a la producción de telas de alta calidad; ya que al incumplir con las fechas de despacho se incurren no solo en costos operativos adicionales, sino también en pagos de penalización especificados en los contratos de servicio. El análisis del proceso diagnosticó que las causas principales se debían a la deficiente programación de la producción y al desorden de los productos en proceso.

Es por ello que se elaboró una propuesta de mejora para reducir los tiempos de espera que presenta actualmente el proceso de tela teñida. Para el diseño de la propuesta se utilizó las herramientas de gestión de la producción, tales como SMED y MRPII. De ese modo, con la implementación de la propuesta se podría reducir el tiempo del proceso de 6.21 a 3.71 horas, disminuyendo el tiempo de espera de 4.75 a 2.59 horas. Asimismo, la propuesta mejoraría la utilización del servidor de 82.54% a 49.24%, lo que indica que el 49.24% de todas las bobinas que ingresan al proceso de teñido sólo tienen colas. Con los nuevos resultados se espera alcanzar la meta de eliminar costos adicionales de producción así como la eliminación de penalidades contractuales.

Palabras claves: SMED, MRPII, VSM, Teoría de colas, mejora de procesos

ABSTRACT

The present research project is structured into five chapters which are the following: Theoretical framework and state of the art, description and analysis of the current process, proposal for improvement, validation of the improvement proposal, conclusions and recommendations.

The main objective of this project was to identify the main causes of the delays of the cloth dyeing process of a Peruvian company dedicated to the production of high quality fabrics; since by not complying with the dispatch dates, not only additional operating costs are incurred, but also penalization payments specified in the service contracts. The analysis of the process diagnosed that the main causes were due to the poor programming of the production and to the disorder of the products in process.

For this reason, an improvement proposal was drawn up to reduce the waiting times currently presented by the dyed cloth process. For the design of the proposal, production management tools were used, such as SMED and MRPII. Thus, with the implementation of the proposal, the time of the process could be reduced from 6.21 to 3.71 hours, reducing the waiting time from 4.75 to 2.59 hours. Also, the proposal would improve server utilization from 82.54% to 49.24%, which indicates that 49.24% of all the coils that enter the dyeing process only have tails. With the new results, it is expected to reach the goal of eliminating additional production costs as well as the elimination of contractual penalties.

Keywords: SMED, MRPII, VSM, Queue theory, process improvement

Lista de Contenido

Introducción.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	2
1.1 Cadena de Valor textil y confecciones	2
1.2 Entorno de la Industria Textil y Confecciones	4
1.3 Clasificación CIIU de las empresas del rubro textil y confecciones	6
1.4 Análisis Normativo.....	7
1.4.1 Clasificación de las empresas en el Perú	7
1.4.2 Distribución de las empresas según tipo de contribuyente.....	8
1.4.3 Decreto Ley N° 22342 Promoción de las exportaciones No tradicionales	9
1.5 Marco Teórico: Metodologías y herramientas de análisis para la definición del problema	9
1.5.1 MRP II - Manufacturing Resources Planning – Planeamiento de Recursos de Fabricación	9
1.5.2 Investigación de Operaciones	12
1.5.3 Una introducción a la Simulación de Arena	19
1.5.4 Análisis de datos: Herramientas estadísticas	21
1.6 Herramientas Lean.....	23
1.6.1 Implementación de Lean Manufacturing.....	24
1.6.2 VSM	25
1.6.3 SMED – Single Minute Exchange of Dies	28
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN Y ANALISIS DEL PROCESO ACTUAL	29
2.1 Descripción de la empresa.....	29
2.1.1 Actividad económica	29
2.1.2 Mapa de Procesos	29
2.1.3 Perfil Organizacional	33
2.1.4 Participación en el modelo de negocio	36
2.1.5 Objetivos estratégicos de la empresa.....	39
2.2 Descripción del proceso de producción.....	42
2.3 Identificación del problema actual: Oportunidad de mejora	46
2.3.1 Análisis de la matriz estratégica: Objetivos de ventas	46
2.3.2 Análisis del cumplimiento de despacho a tiempo del producto tela	48

2.4 Diagnóstico de las posibles causas que originan el problema.....	56
2.4.1 Tiempo de Espera	56
2.4.2 Reprocesos.....	60
2.4.3 Paradas programadas	61
2.5 Diagnóstico de Causas raíz Cuantitativas.....	61
2.5.1 Deficiente programación de producción.....	62
2.5.2 Desorden de bobinas en el proceso.....	73
2.6 Impacto Económico	77
2.6.1 Impacto económico de las Penalidades por entregas fuera de tiempo	77
2.6.2 Impacto Económico por Retrasos en el Proceso de Teñido del Equipo Jigger	78
2.6.3 Impacto Económico Total	80
2.7 Variables dependientes e independientes	80
2.8 Objetivos.....	81
2.8.1 Objetivo General.....	81
2.8.2 Objetivos Específicos	81
2.9 Hipótesis	82
2.10 Indicadores	82
CAPÍTULO III: PROPUESTA DE MEJORA	84
3.1 Diseño de la propuesta.....	84
3.1.1 Objetivo e impacto económico	85
3.1.2 Propuesta	86
3.2 Desarrollo de la propuesta	88
3.2.1 Optimización del subproceso de reposo en el proceso de teñido	95
3.2.3 MRP II	131
3.3 Consideraciones para la implementación	137
3.3.1 Cronograma	137
3.3.2 Capacitaciones	140
3.3.3 Inversión	141
3.3.4 Limitaciones	141
3.4 Ahorros e Inversión Total.....	142
CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA	144
4.1 Validación de los tiempos de los Procesos.....	144
4.1.1 Proceso Actual	145

4.1.2 Proceso de la propuesta de Mejora	147
4.1.3 Resultados.....	148
4.2 Evaluación Financiera	150
4.2.1 Costo de Oportunidad	151
4.2.2 Escenarios.....	154
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	157
5.1 Conclusiones.....	157
5.2 Recomendaciones	158
BIBLIOGRAFIA	159
Anexos.....	164

Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación de empresas del rubro textil y confeccione según CIIU, revisión 4	7
Tabla 2: Clasificación de empresas en el Perú	8
Tabla 3: Herramientas avanzadas de Manufactura o Fábrica.....	11
Tabla 4: Técnicas de Fabricación	12
Tabla 5: Principales Clientes (Por productos)	36
Tabla 6: Número de colaboradores de la empresa textil bajo estudio 2014- 2016.....	39
Tabla 7: Principales proveedores por tipo de insumo o recurso.....	39
Tabla 8: Matriz estratégica 2016	42
Tabla 9: Ventas de la empresa en los tres últimos años	46
Tabla 10: Inventario de productos 2016.....	47
Tabla 11: Rentabilidad por productos 2016	47
Tabla 11: Comparación Tipo de Producto de acuerdo con su nivel de cumplimiento...	54
Tabla 12: Resultados del Análisis de entregas tardías.....	55
Tabla 13: Diagrama de análisis del proceso teñido de telas	57
Tabla 14: Comparación de Promedio de tiempos entre los 3 procesos	58
Tabla 15: Relación de tiempos de proceso y tiempo de espera	59
Tabla 16: Relación horas programadas vs horas colas (tiempo de espera)	59
Tabla 17: Capacidades de Máquinas	60
Tabla 18: Tiempos de reproceso.....	61
Tabla 19: Horas programadas vs. Horas disponibles	61
Tabla 20: Cálculo del Tamaño de Muestra.....	63
Tabla 21: Procesos y pedidos del tamaño de la muestra	63
Tabla 23: M/M/1- Modelo de colas del proceso de teñido para el proceso de teñido....	70

Tabla 22: Distribuciones en el sistema y tiempo en cola	71
Tabla 23: Distribución del tiempo en cola para $t(\text{en días}) \geq 1$ día	72
Tabla 24: Distribución del tiempo en cola para $t(\text{en días}) \geq 10$ días.....	72
Tabla 25: Clasificación de porta bobinas de tela.....	75
Tabla 26: Penalidades por entrega fuera de tiempo del tamaño de la muestra.....	77
Tabla 27: Extracto de Tiempos de la muestra del proceso de teñido del equipo Jigger.	78
Tabla 28: Cálculo del Límite Superior del Proceso.....	79
Tabla 29: Cálculo del tiempo de espera en el proceso de teñido del equipo Jigger	79
Tabla 30: Impacto económico por retrasos en el proceso de teñido del equipo Jigger ..	80
Tabla 31: Impacto económico total	80
Tabla 32: Variables independientes y dependientes.....	81
Tabla 33: Indicadores	82
Tabla 35: Relación del problema, objetivo e impacto económico	85
Tabla 36: Propuesta	87
Tabla 37: Días de procesos.....	88
Tabla 38: Datos de Histograma	92
Tabla 39: Control de Orden de Porta bobinas	97
Tabla 40: DAP – Subproceso de Reposo – Mejora 1	100
Tabla 41: DAP – Proceso General de Teñido – Mejora Parte 1	103
Tabla 42: Paros programados del equipo Jigger.....	104
Tabla 43: Extracto de los tiempos de la propuesta de mejora 1	107
Tabla 44: Rangos del Histograma del Subproceso de Reposo – Mejora 1.....	108
Tabla 45: Estadísticas para los tiempos de la propuesta de mejora 1	109
Tabla 46: Cálculo de horas en exceso del objetivo por proceso – Mejora 1	110
Tabla 47: Cálculo de ahorros de la propuesta Mejora Parte 1	111
Tabla 48: Cálculo de colas – Propuesta de Mejora 1	112
Tabla 49: Distribución del número en el sistema y del tiempo en cola de la propuesta de mejora 1	113
Tabla 50: Distribución del tiempo en cola para $t(\text{en días}) \geq 1$ días.....	114
Tabla 51: Distribución del tiempo en cola para $t(\text{en días}) \geq 10$ días.....	114
Tabla 52: Comparación de bobinas en el sistema Actual vs. Mejora 1	115
Tabla 53: Comparación de distribución del tiempo en cola Actual Vs. Mejora 1	115
Tabla 54: DAP – Proceso General de Teñido – Mejora Parte 2.....	119
Tabla 55: Extracto de los tiempos de la propuesta de mejora parte2	123

Tabla 56: Estadísticas para los tiempos de la propuesta de mejora 2.....	123
Tabla 57: Cálculo de horas en exceso del objetivo por proceso – Mejora 2	125
Tabla 58: Cálculo de ahorros de la propuesta Mejora Parte 2.....	126
Tabla 59: Cálculo de colas – Propuesta de Mejora 2	127
Tabla 60: Distribución del número en el sistema y del tiempo en cola de la propuesta de mejora 1	128
Tabla 61: distribución del tiempo en cola para t (en días) ≥ 1 días.....	128
Tabla 62: distribución del tiempo en cola para t (en días) ≥ 10 días.....	129
Tabla 63: Comparación de bobinas en el sistema Actual vs. Mejora 2.....	129
Tabla 64: Comparación de distribución del tiempo en cola Actual Vs. Mejora 2	130
Tabla 65: Resultados finales.....	130
Tabla 66: Indicadores de la Propuesta de Mejora.....	131
Tabla 67: Comparación MRPII – Proceso Actual vs. Mejora.....	136
Tabla 68: Cronograma de Gantt	138
Tabla 69: Capacitaciones.....	140
Tabla 70: Inversión de tangibles/Activos	141
Tabla 71: Inversión y Ahorros Total de la implementación de mejora.....	142
Tabla 72: Distribuciones de los tiempos de las actividades del proceso de teñido actual y de la propuesta de mejora	145
Tabla 73: Resultados de la simulación para los procesos actual y propuesta de mejora.	149
Tabla 74: Comparación resultados de simulación vs. Cálculos de implementación....	150
Tabla 75: Cálculo del Costo de Oportunidad	153
Tabla 76: Escenario: Esperado	154
Tabla 77: Escenario Pesimista: Suposición de la TIR = 6.04%	155
Tabla 78: Escenario Pesimista.....	155
Tabla 79: Escenario Optimista: Suposición de la TIR = 22%.....	155
Tabla 82: Escenario Optimista	156

Índice de Figuras

Figura 1: La cadena de valor textil y de confecciones	4
Figura 2: Demanda de productos textiles	5
Figura 3: Implementación de Lean Manufacturing	25
Figura 4: Mapa de procesos.....	32
Figura 5: Organigrama de la empresa.....	35
Figura 6: Mapa estratégico de la empresa textil 2016	41
Figura 7: Proceso de producción y productos finales.....	45
Figura 8: Telas Despachos con demoras de entrega vs. Despachos programados a tiempo.	48
Figura 9: Nivel de cumplimiento de despacho de tela.....	49
Figura 10: Tela con Hilo de Color: Despachos con demoras vs. Despachos programados a tiempo	50
Figura 11: Nivel de cumplimiento de despacho de tela con hilo de color.....	50
Figura 12: Tela cruda: Despachos con demora vs. Despachos programados a tiempo..	51
Figura 13: Nivel de cumplimiento de despacho de tela cruda.....	51
Figura 14: Tela estampada: Despachos con demoras y despachos programados a tiempo	52
Figura 15: Nivel de cumplimiento de despacho de tela estampada.....	52
Figura 16: Tela Teñida: Despachos con demoras vs. Despachos programados a tiempo	53
Figura 17: Nivel de cumplimiento de despacho de tela teñida.....	53
Figura 18: Comparación de Promedio de tiempos entre los 3 procesos.....	58
Figura 19: Diagrama de árbol de las posibles causas raíces.....	62

Figura 20: Capacidad de Jigger para la muestra.....	64
Figura 21: Diagrama de control del proceso de teñido.....	65
Figura 22: Sistema del proceso de teñido	66
Figura 23: VSM Proceso Actual de Teñido.....	68
Figura 24: Distribución de pedidos en metros.....	69
Figura 25: Desorden de bobinas en el proceso	73
Figura 26: Gráfico: Layout de la planta de producción de teñido de hilos y telas	76
Figura 27: VSM Actual	90
Figura 28: DAP – Subproceso Reposo	91
Figura 29: Histograma del subproceso de reposo.....	93
Figura 30: Subproceso de Reposo Actual	94
Figura 31: FIFO, ingreso y salida de portabobinas en el proceso de teñido.....	96
Figura 32: Orden de Portabobinas en el proceso de Teñido.....	96
Figura 33: Implementación de SMED.....	99
Figura 34: Cálculo de reducción de tiempos de espera en el proceso de teñido por implementar SMED.....	101
Figura 35: Cámaras de Reposo	102
Figura 36: VSM Proceso de Teñido – Mejora Parte 1	105
Figura 37: Cálculo de tiempos para la propuesta de mejora 1.....	106
Figura 38: Histograma – Subproceso de Reposo – Mejora 1	108
Figura 39: Cálculo de tiempos de la mejora 1 del subproceso de reposo en exceso al objetivo	110
Figura 40: Cálculo de los tiempos de espera para los subprocesos de teñido y revisión	118
Figura 41: VSM Proceso de Teñido – Mejora Parte 2	121
Figura 42: Cálculo de tiempos para la propuesta de mejora 2.....	122
Figura 43: Cálculo de tiempos de la mejora 2 del subproceso de reposo en exceso al objetivo	124
Figura 44: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 1.....	132
Figura 45: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 2.....	132
Figura 46: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 3.....	133
Figura 47: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 4.....	134
Figura 48: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 5.....	135
Figura 49: Elaboración de MRPII Proceso actual- Paso 6	135

Figura 50: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 7.....	135
Figura 51: Modelo de simulación del proceso actual de teñido - Operaciones.....	146
Figura 52: Modelo de simulación del proceso actual de teñido – Tiempos de espera .	146
Figura 53: Modelo de simulación del proceso actual de teñido	147
Figura 54: Modelo de simulación del proceso de mejora de teñido - Operaciones.....	147
Figura 55: Modelo de simulación del proceso actual de teñido – Tiempos de espera .	148
Figura 56: Modelo de simulación del proceso actual de teñido	148
Figura 57: Tasa libre de riesgo	151
Figura 58: Beta no apalancada.....	152
Figura 59: Prima de Riesgo	153
Figura 60: Riesgo país Perú.....	153

Introducción

Debido a que los tejidos elaborados por los hombres primitivos no se han podido conservar es imposible identificar la fecha exacta de los orígenes de la hilandería y la textura. Sin embargo, la industria textil fue una de las primeras industrias en desarrollarse. A lo largo de su evolución, la industria textil conoció importantes innovaciones entre las cuales se destaca el teñido de las telas elaboradas a partir de lana y de algodón. En la actualidad, el avance de la tecnología ha ayudado a la industria textil en diferentes aspectos, sobre todo en la necesidad de producir eficientemente. No obstante; en la era de la globalización, la competitividad empresarial es sinónimo de diferenciación, ya que el mercado actual exige respuestas rápidas y cumplimientos en calidad, cantidad y tiempos de entrega. Debido a ello, la implementación de la filosofía de mejora continua ha llegado a ser un factor crucial para las plantas manufactureras, las cuales se encuentran en la búsqueda constante de eficiencia y eficacia en cada uno de sus procesos.

La empresa en estudio es una entidad privada dedicada al diseño, confección y comercialización de telas y prendas de vestir, cuya matriz se encuentra en Lima. Actualmente su proceso productivo de tintorería de telas presenta tiempos improductivos que impide que la organización sea lo suficientemente competitiva a largo plazo en el mercado nacional, razón por la cual la presente investigación aplicada propone una mejora basada en herramientas de ingeniería industrial: MRP II y estandarización de procesos. Asimismo, se presenta una simulación de la propuesta en el proceso de teñido de telas utilizando el software Arena. Finalmente, se presentaran los resultados obtenidos así como una evaluación financiera de la propuesta de mejora.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se detallará las definiciones básicas necesarias para comprender y sustentar el problema abordado en el presente trabajo de investigación. Asimismo, se presentará información sobre el entorno de la industria y el marco normativo del cual pertenece la empresa en estudio. Además, se planteará el estado del arte, exponiendo a detalle la o las metodologías a utilizar para resolver el problema de investigación planteado. Finalmente, se presentará los casos de éxitos vinculados al problema y al entorno industrial de la empresa en estudio.

1.1 Cadena de Valor textil y confecciones

La cadena de valor o cadena productiva está conformada por procesos interconectados, mediante la unión entre producción, transformación y consumo. Las cadenas pueden ser: (a) completas: Todos los componentes y eslabones interactúan. (b) Integrada: El producto final de una cadena se convierte en la materia **prima** de otra cadena. (c) Incompleta: Los componentes se encuentran identificados, pero no se encuentran relacionados.¹

Existen dos macro procesos dentro de la cadena de valor que constituye industria manufacturera textil: la industria textil propiamente dicha y la industria de la confección; por lo que de esa forma la cadena textil y de confecciones viene a ser una cadena productiva completa e integral².

La industria textil inicia con la producción materia prima. Las materias primas pueden ser naturales: algodón y lana, artificiales: rayón o sintéticas: poliamidas o poliésteres. En el caso del algodón este se cultiva, desmonta y embala para su comercialización. Los otros insumos pasan por actividades como lavado, cardado y peinado; según sea el caso, hasta obtener una mezcla óptima. Luego se da paso al proceso hilandería el cual consiste en transformar fibras en hilos de características bien definidas, para ello se debe de seguir ciertos parámetros como el grosor, regularidad, resistencia, torsión y flexibilidad. El proceso de tejeduría consiste en transformar la serie de hilos en una superficie uniforme.

¹ Cfr. CERVERA, H. M., HERRERA, T. F., & De La Hoz Granadillo, E. (2011). 19(3), 429-441

² Cfr. Instituto De Estudios Económicos Y Sociales De La Sociedad Nacional De Industrias (2016.)

Existen dos tipos de tejeduría: tejido plano y tejido de punto. Finalmente, el acabado textil es un proceso que se realiza para modificar el tacto, apariencia o comportamiento, ya que durante los procesos anteriores las fibras han perdido sus ceras y grasas naturales.

De esa forma se brinda a las telas un aspecto más definido³⁴.

La industria de confecciones inicia con el diseño y desarrollo del producto, la cual tiene como fin convertir los requisitos de los clientes en especificaciones técnicas, para luego ser empleados en diferentes procesos de confección. Asimismo, el diseño del producto es clave dentro de la cadena de valor, debido a que, en estos tiempos de globalización y cambios significativos, la productividad del proceso de confecciones toma mayor relevancia para todo tipo de organización empresarial. Por su parte, el proceso de confección se efectúa el armado de la indumentaria, la cual une las piezas previamente cortadas. El acabado es el proceso adicional, en el cual se realizan actividades tales como bordados, teñidos, estampados y tratamientos especiales solicitados por el cliente en la orden de producción.⁵

³ Cfr. CERVERA, H. M., HERRERA, T. F., & De La Hoz Granadillo, E. (2011). 19(3), 429-441

⁴ Cfr. Instituto De Estudios Económicos Y Sociales De La Sociedad Nacional De Industrias (2016.)

⁵ Cfr. PADILLA, Ernesto (2013).

Figura 1: La cadena de valor textil y de confecciones

Elaboración propia adaptado de Cervera, H. M., Herrera, T. F., & De La Hoz Granadillo, E. (2011). Instituto De Estudios Económicos Y Sociales De La Sociedad Nacional De Industrias (2016). Padilla, Ernesto (2013).

1.2 Entorno de la Industria Textil y Confecciones

Hoy por hoy la industria peruana se encuentra atravesando por una situación difícil y crucial, ya que el PBI Industrial en los últimos años sigue en una caída constante. De la misma manera la producción de textiles ha mostrado una tendencia decreciente durante los últimos 4 años. Aun así, la industria textil confecciones se caracteriza por tener un rol estratégico para el desarrollo de la economía nacional. Actualmente, la industria en mención aporta el 10 % del Producto Bruto Interno del sector manufacturero, generando más de 400,000 puestos de trabajo directo⁶

A nivel internacional, los países como Alemania, Estados Unidos y China lideran la producción de la industria de textiles, y por el lado de Perú, la balanza comercial de la industria textil lo posiciona como un país importador neto, ya que, en el 2015, el monto exportado fue de US\$ 464 millones, mientras las importaciones sumaron un total de US\$ 1 153 millones de dólares. Entre los principales países de destino se encuentran: Ecuador (18%), Chile (13%), Colombia (10%), Bolivia (9%) y Brasil (8%); mientras lo que respeta

⁶ Cfr. Instituto De Estudios Económicos Y Sociales De La Sociedad Nacional De Industrias (2016).)

a las importaciones los países a quienes compramos más son China (37%), Estados Unidos (22%), India (21%) y en menor medida Brasil, Indonesia y Colombia cada uno con el 2%.⁷

Por otro lado, la industria textil genera demanda a otros sectores, tales como el agrícola (Cultivos de algodón), el ganadero (Obtención de pelos finos y lanas), industria del plástico (Obtención de botones, cierres, entre otros) y la industria química (uso de insumos) ⁸

Respecto a la demanda de productos textiles, el 87% de estos se consumen en el mercado interno (El 74.3% como demanda interna y el 13.1% como demanda final), mientras el 12.5% de los productos textiles es demandado por el mercado externo.⁹

Figura 2: Demanda de productos textiles

Fuente: Instituto De Estudios Económicos Y Sociales De La Sociedad Nacional De Industrias (2016)

⁷ Cfr. Instituto De Estudios Económicos Y Sociales De La Sociedad Nacional De Industrias (2016).)

⁸ Cfr. Instituto De Estudios Económicos Y Sociales De La Sociedad Nacional De Industrias (2016).)

⁹ Cfr. Instituto De Estudios Económicos Y Sociales De La Sociedad Nacional De Industrias (2016).)

1.3 Clasificación CIIU de las empresas del rubro textil y confecciones

La organización de las Naciones Unidas –ONU- tiene la Clasificación Internacional Uniforme CIIU revisión 4, que ubica a la actividad económica de textil y de confecciones dentro de la sección industria manufacturera. Esta sección abarca la transformación física o química de materiales, sustancias o componentes en productos nuevos. Asimismo, la actividad textil y de confecciones se divide en dos grupos, la división 13: fabricación de productos textiles y la división 14: Fabricación de prendas de vestir. La división 13 está compuesta por dos grupos y ocho clases de actividades que comprende la preparación e hilatura de fibras textiles y la tejedura y el acabado de productos textiles y prendas de vestir, así como la fabricación de artículos confeccionados de materias textiles, excepto prendas de vestir (ropa de casa, frazadas, alfombras, cuerdas, etcétera). Por otra parte, la división 14 cuenta con tres grupos, tres clases y alcanza todas las actividades de confección (prêt-à-porter, a medida), en todo tipo de materiales (cuero, tela, tejidos de punto y ganchillo, etcétera), de todo tipo de prendas de vestir (ropa exterior e interior para hombres, mujeres y niños, ropa de trabajo, ropa formal y deportiva, etcétera) y accesorios.

Igualmente, la división 14 abarca la industria peletera (producción de pieles y fabricación de prendas de vestir de piel). ¹⁰

¹⁰ Cfr. Instituto De Estudios Económicos Y Sociales De La Sociedad Nacional De Industrias (2016.)

Tabla 1: Clasificación de empresas del rubro textil y confeccione según CIU, revisión 4

INDUSTRIAS MANUFACTURERAS C	13	<u>Fabricación de Productos Textiles</u>
	131	Hilatura, Tejedur y acabado de productos textiles
	1311	Preparación e hilatura de fibras textiles
	1312	Tejedura de productos textiles
	1313	Acabado de productos textiles
	139	Fabricación de otros productos textiles
	1391	Fabricación de tejidos de punto y ganchillo
	1392	Fabricación de artículos confeccionados de materiales textiles, excepto prendas de vestir
	1393	Fabricación de tapices y alfombras
	1394	Fabricación de cuerdas, cordeles, bramantes y redes
	1399	Fabricación de otros productos textiles n.c.p.
	14	<u>Fabricación de prendas de vestir</u>
	141	Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel
	1410	Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel
	142	Fabricación de artículos de piel
	1420	Fabricación de artículos de piel
	143	Fabricación de artículos de punto y ganchillo
	1430	Fabricación de artículos de punto y ganchillo

Fuente: Elaboración propia con datos de [2]

1.4 Análisis Normativo

1.4.1 Clasificación de las empresas en el Perú

El Estado Peruano, con la finalidad de incentivar la inversión, impulsar el desarrollo productivo y el crecimiento empresarial cambio la cantidad de parámetros para categorizar a una empresa a solo uno: Ventas totales. De acuerdo a la ley N° 30056, promulgada el mes de junio del 2013, para determinar si una empresa es micro, pequeña, mediana o gran empresa solo basta determinar el valor de sus ventas expresado en

Unidades Impositivas Tributarias (UIT)¹¹. Actualmente, una UIT tiene el valor de S/. 4, 050 nuevos soles 1.

Tabla 2: Clasificación de empresas en el Perú

Estrato empresarial	Sunat (2011)		Ley 30056 (2013)
	Número de empleados	Ventas anuales (en UIT)	Ventas anuales (en UIT)
Micro empresa	1 a 10	Hasta 150	Hasta 150
Pequeña empresa	11 a 100	Mayor a 150 y hasta 1700	Mayor a 150 y hasta 1700
Mediana empresa	101 a 250	Mayor a 1700 y hasta 2300	Mayor a 1700 y hasta 2300
Gran Empresa	251 a más	Mayor a 2300	Mayor a 2300

Fuente: Elaboración propia adaptado de Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial Del Viceministerio de Mype E Industria. Ministerio de la Producción (2017)

1.4.2 Distribución de las empresas según tipo de contribuyente

Clasificación de las empresas en el Perú Las organizaciones empresariales se han clasificado tomando como base la Ley N° 26887 “Ley General de Sociedades”. Por consiguiente, una empresa puede estar constituida legalmente como persona natural o jurídica. En el caso de constituir una empresa como persona natural, el individuo ejerce los derechos y obligaciones, así como la responsabilidad de las deudas de la empresa; en cambio cuando una empresa es constituida como persona jurídica es la empresa quien asume los derechos, obligaciones.

Asimismo, una empresa establecida como persona natural está formada por solo una persona y no requiere demostrar de capital de trabajo para comenzar su actividad económica. Sin embargo, una empresa jurídica puede tener una o más personas y necesita acreditar los recursos económicos para su constitución. Finalmente, una empresa formada como persona natural funciona solo bajo ese término, en contraste una empresa jurídica puede desarrollarse como Sociedad anónima cerrada, Empresa individual con responsabilidad limitada, Sociedad comercial de responsabilidad limitada, Sociedad anónima abierta, Sociedad irregular, Sociedad civil, Sociedad conyugal, Sucesión Indivisa, sociedad en comandita simple, sociedad colectiva univers. centro educat y cult., comunidad campesina nativa comunal, cooperativas Sais. Caps, empresa de propiedad

¹¹ Cfr. Dirección General De Estudios Económicos, Evaluación Y Competitividad Territorial Del Viceministerio De Mype E Industria. Ministerio De La Producción (2017)

social, sociedad en comandita por acciones y sociedad minera de responsabilidad limitada.

1.4.3 Decreto Ley N° 22342 Promoción de las exportaciones No tradicionales

De acuerdo con el decreto N° 22342, las empresas exportadoras de productos no tradicionales cuentan con la posibilidad de contratar de forma permanente, pero como si fuera “Ocasional o eventual”, la mencionada ley fue creada con el fin de incentivar la exportación no tradicional y promover el empleo formal. La normativa ofrece beneficios para los empresarios, tales como el reintegro tributario compensatorio, una depreciación especial de los bienes activos de la empresa, exoneración de impuestos a la renta por capitalización de utilidades invertidas y beneficios laborales. En otras palabras, las empresas del sector exportador textil tienen el beneficio de contratar “Temporalmente” una indeterminada cantidad de trabajadores por un plazo indefinido, habiendo de esa forma personas que trabajan bajo esa modalidad por más de 5, 10 hasta 20 años¹².

1.5 Marco Teórico: Metodologías y herramientas de análisis para la definición del problema

1.5.1 MRP II - Manufacturing Resources Planning – Planeamiento de Recursos de Fabricación

Los sistemas de planificación de producción populares y ampliamente utilizados, como la planificación de recursos de fabricación (MRPII), requieren tener la parte correcta, en el lugar correcto, en el momento adecuado y en la cantidad adecuada a un costo mínimo. Desafortunadamente, el razonamiento fundamental de esos sistemas es defectuoso. En otras palabras, la programación de producción de partes, componentes, subconjuntos, elementos finales se basa en tiempos de entrega fijos con capacidad infinita y lógica de programación.¹³

Dado que la función de planificación de necesidades de materiales (MRP) de los sistemas MRPII no puede proporcionar planes de producción factibles, esto inevitablemente causa serios problemas en planta, como cargas de trabajo variables, cambios de cuellos de

¹² Cfr. Lescano, Yonny (2012).

¹³ Cfr. Öztürk, C., & Ornek, A. M. (2014). 38(1), 181-195.

botella, altos niveles de trabajo en proceso (WIP), menor utilización de la máquina, menos rendimiento, entregas tardías que no se pueden resolver fácilmente a corto plazo. Es decir, MRPII no puede evitar que ocurran problemas de capacidad en planta. Por lo tanto, esto lleva a la conclusión de que los problemas de capacidad deben ser resueltos y prevenidos en los niveles superiores como un modelo de optimización. Sin lugar a duda, el MRP y la programación de producción está estrechamente relacionada, y deben integrarse para generar cronogramas de producción realistas para la planta, lo que lleva al problema de la planificación y programación avanzada con un modelo de optimización.¹⁴

Sin embargo, la planificación de recursos de fabricación (MRPII) es el método de planificación más extendido en el mundo. MRP y luego MRPII se desarrollaron en la década de 1970. Requiere pronósticos de demanda y planifica todas las actividades de fabricación: es un método de flujo de empuje. MRPII es "un método para la planificación eficaz de todos los recursos de una empresa de fabricación. Lo ideal sería abordar la planificación operativa en unidades, la planificación financiera en dólares, y tiene una capacidad de simulación para responder preguntas que suponen. Se compone de una variedad de procesos, cada uno vinculado: planificación comercial, planificación de producción (planificación de ventas y operaciones), programación maestra de producción, planificación de necesidades de materiales (MRP), planificación de necesidades de capacidad y soporte de ejecución. sistemas de capacidad y material.¹⁵

La planificación de recursos de fabricación es una consecuencia directa y una extensión de MRP de circuito cerrado. El comportamiento general del mercado ha evolucionado en los últimos 30 años generando más inestabilidades de la demanda, de los suministros y de los procesos internos. Estas variabilidades resultan en la creación de más dificultades para establecer pronósticos precisos, generando nerviosismo en el comportamiento de MRP, lo que es una fuente de efecto de látigo, ya que la demanda depende de la comercialización de la empresa.¹⁶

1.5.1.1 Relación MRPII y Herramientas de Lean Manufacturing

Los autores Ocampo, Hernández-Matías, y Vizán, (2017), en su investigación llamada "A method for estimating the influence of advanced manufacturing tools on the manufacturing competitiveness of Maquiladoras in the apparel industry in Central

¹⁴ Cfr. Öztürk, C., & Ornek, A. M. (2014). 38(1), 181-195.

¹⁵ Cfr. Mielo, R., Fontanili, F., Lauras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2016). 49(12), 1725-1730.

¹⁶ Cfr. Mielo, R., Fontanili, F., Lauras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2016). 49(12), 1725-1730.

America” consideran al MRP II como una gestión de procesos, procesos que se mejoran con las herramientas de la Filosofía Lean como VSM y SMED, como se muestra a continuación (tabla 3)

Tabla 3: Herramientas avanzadas de Manufactura o Fábrica.

Advanced Manufacturing Tools (AMTs) categorization model (taxonomy).			
Advanced Manufacturing Tools (technologies and methodologies)			
Design and Engineering	Management	Automated Manufacturing	Process Improvement
CAD (Computer Aided Design)	ERP (Enterprise Resource Planning)	CNC (Computer Numerical Control)	SPC (Statistical Process Control)
CAM (Computer Aided Manufacturing)	- MRP (Material Requirement Planning)	PLC (Programmable Logic Controllers)	- Control charts
CAE (Computer Aided Engineering)	- MRP II (Manufacturing Resource Planning)	FMS (Flexible Manufacturing Systems)	- Process capability (Cp, Cpk, etc.)
CAPP (Computer Aided Process Planning)	MES (Manufacturing Execution Systems)	AGV (Automatic Guided Vehicles)	TQM (Total Quality Management)
PLM (Product Lifecycle Management)	- Preventive maintenance	ASRS (Automatic Storage and Retrieval Systems)	- Ishikawa diagram
Concurrent Engineering	- Quality management	Robots	- Pareto diagram
FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)	- Inventory management	Automatic Quality Inspection (machine vision, sensors, etc.)	- Flow diagram
DOE (Design of Experiments)	- Supervisory control	Bar code/Rfid Systems	- Brainstorming
	- Productivity analysis		- Focus groups
	SCM (Supply Chain Management)		- Scatter plots
	CRM (Customer Relationship Management)		- Pie chart and histogram
			Jidoka (Error detection autonomation)
			DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)
			VSM (Value Stream Mapping)
			ANDON (warning signs or alarms)
			TPM (Total Productive Maintenance)
			Methods Engineering (ATM, TMM)
			JIT
			- Kaizen events - Cellular flow
			- Kanban (pull system) - Visual controls
			- SOP (standardization) - 5-S
			- SMED (Single Minute Exchange Die)

Fuente: Ocampo, J. R., Hernández-Matías, J. C., & Vizán, A. (2017). 87, 31-51.

En la tabla precedente se muestra a las herramientas de la filosofía Lean como las herramientas que mejoran el proceso al identificar los despilfarros de ellos, eliminándolos o reduciéndolos bajo una metodología de gestión de procesos como MRPII.

Asimismo, los autores, Goyal, A., & Agrawal, R. (2017) en su investigación llamado “Advanced Manufacturing Management System for Environmental Sustainability” y relacionan directamente la herramienta SMED directamente con el MRPII, como se muestra a continuación:

Tabla 4: Técnicas de Fabricación

Managerial system	Technologies
Value stream mapping	Computer aided design (CAD)
Plant certification	Local area networks
SMED	MRP, MRP-II AND ERP
Poka-Yoke	Rapid prototyping system (Additive manufacturing)
TQM	Concurrent engineering
TPM	Computer integrated manufacturing (CIM)
5-S	Automated guided vehicles
Cellular manufacturing	Automatic material handling system (AMHS)
Just in Time (JIT)	Robots
Six sigma	Computer driven material handling
	Flexible manufacturing system (FMS)

Fuente: Goyal, A., & Agrawal, R. (2017). 496-504

En la tabla precedente, se muestra que el sistema del proceso es SMED con la tecnología MRPII, ya que los autores lo observan desde el punto de vista un activo o componente elaborado como programa o aplicación interconectado con las bases de datos de una organización.

1.5.2 Investigación de Operaciones

Investigación de Operaciones (OR por sus siglas en inglés Operations Research) aplica un método científico a la administración de sistemas organizados en negocios, industria, gobierno y otras empresas. O se aplica regularmente en áreas tales como: gestión de la cadena de suministro, sistemas de comercialización y gestión de ingresos, plantas de fabricación, Ingeniería financiera, redes de telecomunicación, administración de salubridad, redes de transporte, energía y el medio ambiente, sistemas de servicio, comercio web, defensa militar, entre otros.¹⁷

Los autores Settanni, E., Harrington, T. S., & Srai, J. S. (2017), indican que típicamente, las aplicaciones de la investigación de operaciones en estas y otras áreas se ocupan de las decisiones involucradas en la planificación de la asignación eficiente de recursos escasos, como material, trabajadores calificados, máquinas, dinero y tiempo, para alcanzar las metas y objetivos establecidos en condiciones de incertidumbre y durante un lapso de tiempo. La asignación eficiente de recursos puede implicar establecer políticas, diseñar procesos o reubicar activos. Los analistas resuelven tales problemas de decisión de gestión con una variedad de metodologías matemáticas. Como el objetivo de esta

¹⁷ Cfr. Settanni, E., Harrington, T. S., & Srai, J. S. (2017). 4, 74-95.

investigación es el modelado, es necesario definir qué se entiende por 'modelo' en este contexto.¹⁸

En campos como Investigación de Operaciones (OR), el analista construye una imagen mental de una situación problemática a menudo se descuida. El analista desarrolla tal imagen mediante un acto de apreciación a partir de las percepciones no organizadas adquiridas mediante la observación, y procede de dicha imagen para representar formalmente la situación en términos simbólicos. Haciendo referencia a los sistemas industriales, se indica que los modelos representan solo lo que el analista cree que es la naturaleza del sistema que se estudia, y cada modelo finalmente se configura mediante una clase específica de preguntas sobre dichos sistemas.¹⁹

1.5.2.1 Tiempo de Espera

El tiempo promedio de espera se refiere a la cantidad de tiempo que un proceso debe esperar antes de que se procese el pedido, por cola o se configure la máquina. El tiempo de espera afecta tanto al cliente como al fabricante. En una configuración de fabricación, no todos los pedidos se procesan de inmediato. Muchas veces las máquinas deben configurarse para trabajos específicos antes de que se puedan ejecutar las órdenes y las piezas personalizadas deben pedirse a proveedores externos. Esta cantidad de tiempo entre el momento en que el cliente hace un pedido y cuando la fabricación realmente produce el producto a menudo se denomina tiempo de espera.²⁰

La administración intenta disminuir el tiempo de espera tanto como sea posible, ya que los clientes generalmente quieren sus pedidos lo antes posible. Algunos clientes no están dispuestos a esperar y en realidad comprarán a otro proveedor en lugar de esperar. Aunque los fabricantes intentan minimizar los tiempos de espera de producción tanto como sea posible, siempre habrá un elemento de tiempo de espera en la producción.²¹

Por ejemplo, el tiempo de espera promedio es simplemente el promedio de todos los tiempos de espera en una categoría de producto. Por ejemplo, un fabricante de relojes personalizados puede tener un tiempo de espera que oscila entre 5 días y 10 días para un reloj modelo A dependiendo de las opciones. El tiempo promedio de espera para el reloj del modelo A es de 7.5 días. Algunos fabricantes que están atrasados con los pedidos cobran una tarifa acelerada para los clientes que quieren que sus productos se fabriquen

¹⁸ Cfr. Settanni, E., Harrington, T. S., & Srai, J. S. (2017). 4, 74-95.

¹⁹ Cfr. Settanni, E., Harrington, T. S., & Srai, J. S. (2017). 4, 74-95.

²⁰ Cfr. Lv, L., Ren, F. Y., Wang, J., & Xiao, J. (2015). 422, 101-106.

²¹ Cfr. Lv, L., Ren, F. Y., Wang, J., & Xiao, J. (2015). 422, 101-106.

primero. No todos los clientes están dispuestos a pagar una tarifa adicional como esta, pero les permite a algunos clientes evitar el problema del tiempo de espera promedio.²²

1.5.2.2 Teoría de Colas

La teoría de colas se ocupa de problemas que implican cola (o espera). Ejemplos típicos podrían ser:²³

- bancos / supermercados - esperando servicio
- computadoras - esperando una respuesta
- situaciones de falla - esperando a que no ocurra, p. en una pieza de maquinaria
- transporte público - esperando un tren o un autobús

Las colas son una experiencia común de todos los días. Las colas se forman porque los recursos son limitados. De hecho, tiene sentido económico tener colas. Por ejemplo, ¿cuántos supermercados necesita para evitar hacer cola? ¿Cuántos autobuses o trenes serían necesarios si se evitaran o eliminaran las colas? Al diseñar sistemas de colas, debemos buscar un equilibrio entre el servicio a los clientes (colas cortas que implican muchos servidores) y consideraciones económicas (no demasiados servidores).²⁴

En esencia, todos los sistemas de colas pueden dividirse en subsistemas individuales formados por entidades que hacen cola para alguna actividad (como se muestra a continuación). Por lo general, podemos hablar de este subsistema individual como tratar con clientes que hacen cola para el servicio. Para analizar este subsistema, se requiere la información relacionada con²⁵:

Proceso de llegada:

Cómo llegan los clientes, p. individualmente o en grupos (llegadas por lotes o en bloque) cómo se distribuyen las llegadas a tiempo (por ejemplo, cuál es la distribución de probabilidad de tiempo entre las llegadas sucesivas (la distribución de tiempo entre llegadas))

Si hay una población finita de clientes o (efectivamente) un número infinito

²² Cfr. Lv, L., Ren, F. Y., Wang, J., & Xiao, J. (2015). 422, 101-106.

²³ Cfr. Tanaka, M., Yanagisawa, D., & Nishinari, K. (2018). 490, 1481-1492.

²⁴ Cfr. Boucher, J. P., & Couture-Piché, G. (2015). 64, 67-76.

²⁵ Cfr. Jin, W. L. (2015). 77, 1-16.

El proceso de llegada más simple es aquel en el que tenemos llegadas completamente regulares (es decir, el mismo intervalo de tiempo constante entre las llegadas sucesivas). Una corriente de llegadas de Poisson corresponde a las llegadas al azar. En una corriente de Poisson, los clientes sucesivos llegan después de intervalos que de forma independiente se distribuyen exponencialmente. El flujo de Poisson es importante ya que es un modelo matemático conveniente de muchos sistemas de colas de la vida real y se describe mediante un único parámetro: la tasa de llegada promedio. Otros procesos de llegada importantes son llegadas programadas; llegadas por lotes; y tasas de llegada dependientes del tiempo (es decir, la tasa de llegada varía de acuerdo con la hora del día).

Mecanismo de servicio:²⁶

- Una descripción de los recursos necesarios para que el servicio comience
- Cuánto durará el servicio (la distribución del tiempo del servicio)
- La cantidad de servidores disponibles
- Si los servidores están en serie (cada servidor tiene una cola separada) o en paralelo (una cola para todos los servidores)
- Si se permite la preferencia (un servidor puede dejar de procesar a un cliente para tratar con otro cliente de "emergencia")

Asumir que los tiempos de servicio para los clientes son independientes y no dependen del proceso de llegada es común. Otra suposición común sobre los tiempos de servicio es que están distribuidos exponencialmente.

Características de cola:²⁷

Cómo, del conjunto de clientes que esperan el servicio, elegimos el que se servirá a continuación (por ejemplo, FIFO (primero en entrar, primero en salir), también conocido como FCFS (primero en ser atendido), LIFO (último en entrar primero en salir); al azar) (esto a menudo se denomina disciplina de cola) tenemos:

- Rechazo (los clientes deciden no unirse a la cola si es demasiado larga)

²⁶ Cfr. Akdogan, M. A., Bayindir, Z. P., & Iyigun, C. (201722, 430-439).

²⁷ Cfr. Jin, W. L. (2015). 77, 1-16.

- renegociar (los clientes abandonan la cola si han esperado demasiado tiempo por el servicio)
- maniobras (los clientes cambian de cola si creen que les servirán más rápido al hacerlo)
- una cola de capacidad finita o (efectivamente) de capacidad infinita

Cambiar la disciplina de cola (la regla por la cual seleccionamos al próximo cliente que se servirá) a menudo puede reducir la congestión. A menudo, la disciplina de cola "elige al cliente con el menor tiempo de servicio" da como resultado el valor más pequeño para el tiempo (en promedio) que un cliente gasta en la cola.

Aquí se debe tener en cuenta que la integral a las situaciones de colas es la idea de incertidumbre en, por ejemplo, tiempos entre llegadas y tiempos de servicio. Esto significa que la probabilidad y las estadísticas son necesarias para analizar situaciones de espera.

1.5.2.3 Modelo de Optimización

Los algoritmos de optimización que hemos discutido hasta ahora son problemas sin restricciones. Las siguientes tres secciones tratan problemas limitados. Muchos de los problemas limitados se derivan de modelos teóricos donde la solución se encuentra al encontrar la configuración donde una cierta cantidad alcanza un máximo o un mínimo.

Para facilitar el trabajo con dichos modelos, las Bibliotecas Numéricas de Optimización Extrema para .NET incluyen un marco para definir dichos modelos que permite una contabilidad más sencilla y la gestión de los resultados.²⁸

Componentes de un modelo de optimización

Todas las clases que implementan problemas de optimización con restricciones heredan de una clase base abstracta, Un modelo de optimización tiene tres componentes principales:²⁹

- Una función objetiva. Esta es la función que debe optimizarse.

²⁸ Cfr. Luquini, E., & Nizam, O. (2017).

²⁹ Cfr. Zhang, W., Zhou, Y., & Zhu, J. (2017). 325, 289-313.

- Una colección de variables de decisión. La solución al problema de optimización es el conjunto de valores de las variables de decisión para las cuales la función objetivo alcanza su valor óptimo.
- Una colección de restricciones que restringen los valores de las variables de decisión.

Tipos de modelos de optimización

Los problemas de optimización se pueden clasificar en términos de la naturaleza de la función objetivo y la naturaleza de las restricciones. Las formas especiales de la función objetivo y las restricciones dan lugar a algoritmos especializados que son más eficientes. Desde este punto de vista, hay cuatro tipos de problemas de optimización, de complejidad creciente. Un problema de optimización no restringida es un problema de optimización donde la función objetivo puede ser de cualquier tipo (lineal o no lineal) y no hay restricciones.³⁰

Un programa lineal es un problema de optimización con una función objetivo que es lineal en las variables, y todas las restricciones son también lineales. Un programa cuadrático es un problema de optimización con una función objetivo que es cuadrática en las variables (es decir, puede contener cuadrados y productos cruzados de las variables de decisión), y todas las restricciones son lineales. Un programa cuadrático sin cuadrados o productos cruzados en la función objetivo es un programa lineal.³¹

Un programa no lineal es un problema de optimización con una función objetivo que es una función arbitraria no lineal de las variables de decisión, y las restricciones pueden ser lineales o no lineales.

- Variables de decisión: Encontrar los valores óptimos de las variables de decisión es el objetivo de resolver un modelo de optimización. Los modelos específicos pueden tener versiones especializadas de las variables de decisión.³²
- Restricciones: Limitan los valores posibles para las variables de decisión en un modelo de optimización. Hay varios tipos de restricciones. Las clases que los implementan heredan de la clase Restricción.³³

³⁰ Cfr. Akbari, M., Gheysari, M., Mostafazadeh-Fard, B., & Shayannejad, M. (2018). 201, 46-57.

³¹ Cfr. Akbari, M., Gheysari, M., Mostafazadeh-Fard, B., & Shayannejad, M. (2018). 201, 46-57.

³² Cfr. DeCarolis, J. F., Babaei, S., Li, B., & Kanungo, S. (2016). 79, 300-310.

³³ Cfr. DeCarolis, J. F., Babaei, S., Li, B., & Kanungo, S. (2016). 79, 300-310.

Hay dos tipos de restricciones: lineal y no lineal. Las restricciones lineales expresan que una combinación lineal de las variables de decisión debe estar dentro de un cierto rango. Las restricciones no lineales expresan que el valor de alguna función arbitraria de las variables de decisión debe estar dentro de un cierto rango.³⁴

Para los modelos también se puede utilizar el componente de Excel, llamado SOLVER.³⁵

1.5.2.4 Modelo y Simulación

Se debe definir Sistema, Modelo y Simulación como se muestra a continuación:³⁶

Sistema: Un sistema existe y opera en tiempo y espacio.

Modelo: Un modelo es una representación simplificada de un sistema en un punto particular en el tiempo o espacio destinado a promover la comprensión del sistema real.

Simulación: Una simulación es la manipulación de un modelo de tal manera que opera en tiempo o espacio para comprimirlo, lo que permite percibir las interacciones que de otro modo no serían evidentes debido a su separación en el tiempo o el espacio.

Modelado y simulación es una disciplina para desarrollar un nivel de comprensión de la interacción de las partes de un sistema y del sistema como un todo. El nivel de comprensión que puede desarrollarse a través de esta disciplina rara vez se puede lograr a través de cualquier otra disciplina.³⁷

Se entiende que un sistema es una entidad que mantiene su existencia a través de la interacción de sus partes. Un modelo es una representación simplificada del sistema real destinado a promover la comprensión. Si un modelo es un buen modelo o no depende de la medida en que promueva la comprensión. Dado que todos los modelos son simplificaciones de la realidad, siempre hay una compensación en cuanto a qué nivel de detalle se incluye en el modelo. Si se incluyen muy pocos detalles en el modelo, se corre el riesgo de perder interacciones relevantes y el modelo resultante no promueve la comprensión. Si se incluyen demasiados detalles en el modelo, el modelo puede volverse demasiado complicado y, de hecho, imposibilitar el desarrollo de la comprensión.³⁸

³⁴ Cfr. DeCarolis, J. F., Babaee, S., Li, B., & Kanungo, S. (2016). 79, 300-310.

³⁵ Cfr. Jablonsky, J. (2014). 12, 251-258.

³⁶ Cfr. Proudlove, N. C., Bisogno, S., Onggo, B. S. S., Calabrese, A., & Ghiron, N. L. (2017). 263(2), 583-595.

³⁷ Cfr. Proudlove, N. C., Bisogno, S., Onggo, B. S. S., Calabrese, A., & Ghiron, N. L. (2017). 263(2), 583-595.

³⁸ Cfr. Kikolski, M. (2017). 182, 321-328.

Una simulación generalmente se refiere a una versión computarizada del modelo que se ejecuta en el tiempo para estudiar las implicaciones de las interacciones definidas. Las simulaciones son generalmente iterativas en su desarrollo. Uno desarrolla un modelo, lo simula, aprende de la simulación, revisa el modelo y continúa las iteraciones hasta que se desarrolla un nivel adecuado de comprensión. Modelar y simular es una disciplina, también es una forma de arte. Uno puede aprender a andar en bicicleta leyendo un libro. Modelado y simulación sigue la misma realidad. La habilidad y el talento en el desarrollo de modelos y la realización de simulaciones solo se desarrollan a través de la construcción de modelos y su simulación. Es un proceso de aprender sobre la marcha. De la interacción del desarrollador y los modelos surge una comprensión de lo que tiene sentido y lo que no.³⁹

1.5.3 Una introducción a la Simulación de Arena⁴⁰

La simulación es una de las herramientas de análisis más potentes disponibles para los responsables del diseño y la operación de procesos o sistemas complejos. En un mundo cada vez más competitivo, la simulación se ha convertido en una herramienta muy poderosa para la planificación, el diseño y el control de sistemas. Ya no se considera el enfoque de "último recurso", hoy se considera una metodología de resolución de problemas indispensable para ingenieros, diseñadores y gerentes.

Este artículo presenta algunas características importantes del software ARENA. Esto ayudaría al principiante a comprender los conceptos básicos necesarios para construir un modelo simple. Esto a su vez podría proporcionar un trampolín para construir complejos modelos del mundo real.

1.5.3.1 Un modelo de simulación simple⁴¹

Consideremos un modelo de simulación simple. Supongamos que tenemos un sistema de cola de un solo canal (línea de espera), como un mostrador de caja en una farmacia. El tiempo entre la llegada de los clientes se distribuye uniformemente de 1 a 10 minutos. Esto se obtiene mediante un dial giratorio (como los que se usan en algunos juegos de mesa). El tiempo requerido para atender a un cliente se distribuye de manera uniforme entre 1 y 6 minutos. Se puede usar un solo dado para generar tiempos de servicio. El

³⁹ Cfr. Santos, F., Nunes, I., & Bazzan, A. L. (2017)

⁴⁰ Cfr. Arena Simulation (2018).

⁴¹ Cfr. Arena Simulation (2018).

sistema tiene dos variables aleatorias y si es necesario generar un gran número de lecturas, se necesita una computadora para generar las variables aleatorias y para llevar a cabo la contabilidad. Para simular adecuadamente los sistemas del mundo real, también debemos ser capaces de generar características de comportamiento que sean realistas. Por ejemplo, el tiempo entre las llegadas y los tiempos de servicio generados debe permitir que algo diferente a la distribución uniforme se redondee al número entero más cercano.

1.5.3.2 Selección de distribución⁴²

Para probar la compatibilidad de un conjunto de frecuencias observadas con cierta frecuencia teórica, primero debemos identificar la distribución teórica que deseamos probar. Si se trata de una variable discreta, registramos la frecuencia que ocurre dentro de cada valor individual. Si la variable es continua, dividimos el rango de valores en intervalos o clases iguales. La frecuencia relativa en cada intervalo es entonces el conteo de frecuencia observado en cada clase dividido por el número total de puntos de datos [7].

Después de que hayamos obtenido una distribución de frecuencia relativa, la selección de la posible distribución de probabilidad de la cual puede derivarse se convierte en una cuestión de juicio y experiencia.

Algunos ejemplos de distribuciones continuas son uniformes, triangulares, exponenciales negativas, Erlang, gamma, Weibull, normal, lognormal y beta. Algunos ejemplos de distribuciones discretas son discretos uniformes, binomiales, geométricos y de Poisson.

1.5.3.3 Prueba de ajuste de distribución⁴³

Una vez que se ha seleccionado una distribución (basada en la inspección visual y los fundamentos teóricos), debemos evaluar la calidad de nuestro ajuste. Esto se puede hacer usando pruebas estadísticas formales o empleando un método gráfico simple en el que se muestra una superposición de la distribución teórica en un histograma de los datos y se realiza una evaluación visual para determinar la calidad del ajuste. Una prueba de bondad de ajuste intenta medir y evaluar la desviación de la distribución de la muestra desde el punto de vista teórico. Los ejemplos de estas pruebas incluyen tanto Chi-Square (χ^2) como las pruebas de Kolmogorov-Smirnov.

⁴² Cfr. Arena Simulation (2018).

⁴³ Cfr. Arena Simulation (2018).

1.5.3.4 Conceptos básicos de modelado⁴⁴

En el entorno ARENA, la palabra "entidad" es un término genérico que se utiliza para designar a cualquier persona, objeto o cosa, cuyo movimiento a través del sistema causa cambios en el estado del sistema. Cada entidad posee algunas características únicas referidas como atributos. Por ejemplo, en una fábrica, un trabajo puede tener atributos que especifiquen el número de pieza, la fecha de vencimiento y la prioridad del trabajo. El término variables se refiere al conjunto de valores modificables que caracterizan los componentes del sistema como un todo. Ejemplo de una variable es TNOW. Especifica el valor actual del tiempo simulado.

En el marco de modelado ARENA, hay una distinción fundamental entre el Modelo y el Experimento. El modelo es una descripción funcional de los componentes del sistema y sus interacciones. El experimento define las condiciones experimentales bajo las cuales se ejerce el modelo para generar datos de salida específicos. Un programa de simulación ARENA genera un modelo y experimentos correspondientes.

Los procesos se modelan utilizando un diagrama de bloques. Un diagrama de bloques es un diagrama de flujo que representa el proceso a través del cual se mueven las entidades en el sistema. El diagrama de bloques se construye como una secuencia de bloques, cuyas formas y nombres indican su función general. La sección experimental del programa consta de elementos que se especifican de forma interactiva en el entorno de modelado de Arena.

1.5.4 Análisis de datos: Herramientas estadísticas

Todo proceso productivo genera datos, los cuales mediante el uso de herramientas estadísticas pueden convertirse en información útil para el funcionamiento de los sistemas de producción y el cumplimiento de los requisitos específicos de productos y servicios. Cabe señalar que es importante emplear las diferentes herramientas estadísticas de forma secuencial, ya que de ello dependerá la detención de los puntos débiles del proceso productivo^{45, 46}

⁴⁴ Cfr. Arena Simulation (2018).

⁴⁵ Cfr. LÓPEZ, María Isabel; LÓPEZ, Patricia (2014)

⁴⁶ Cfr. PULIDO, Alexander, BOCANEGRA, Carlos (2015).

1.5.4.1 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta estadística que consiente en identificar las causas principales del problema objeto de análisis o reconocer la frecuencia en la ocurrencia de las no conformidades (defectos), ayudando así en la toma de decisiones ^{47 48}

1.5.4.2 Gráficos de control

De acuerdo con López Rodríguez y López Linares los gráficos de control son herramientas efectivas para reducir la variabilidad, ya que se permite observar si el proceso se encuentra bajo condiciones estables. Asimismo, afirman que los gráficos de control están conformados por tres líneas horizontales y paralelas entre ellas. La línea central (LC) muestra el valor promedio del parámetro de la característica de calidad que se desea controlar. Por otra parte, las otras dos líneas denominadas línea de control superior (LCS) y línea de control inferior (LCI) marcan el rango dentro del cual se espera que estén el 99.73% de las observaciones para un proceso bajo control estadístico. Cuando todos los puntos se sitúen dentro de los límites superior e inferior y además no se observará ningún comportamiento anómalo (rachas, ciclos, inestabilidad) el proceso estaría operando bajo control y sin anomalías; caso contrario sería necesario determinar las causas asignables que provocan el comportamiento. Existen tres clases de gráficos de control. El primero llamado control por variables, este tipo de grafico se utiliza cuando la característica de calidad es medible. El segundo, llamado control por atributo, se emplea cuando el producto no es medible y el producto se clasifica como conforme o no conforme. Y, por último, el grafico de control por número de defectos se utiliza cuando el objetivo es analizar el número de defectos que se producen. Cabe mencionar que cuando se realiza un control por variables es necesario controlar el valor medio de la característica de calidad y su variabilidad⁴⁹.

1.5.4.3 Análisis de capacidad de un proceso

La capacidad de un proceso es útil para comprobar que un proceso (bajo control) sea capaz de producir piezas que verifiquen especificaciones. La definición de la capacidad de un proceso se calcula a través de los límites de tolerancia del proceso. Siendo $\bar{X}$ una característica de calidad medible con = valor objetivo, de diseño o nominal; LTI = límite

⁴⁷ Cfr. LÓPEZ, María Isabel; LÓPEZ, Patricia (2014)

⁴⁸ Cfr. PULIDO, Alexander, BOCANEGRA, Carlos (2015).

⁴⁹ Cfr. LÓPEZ, María Isabel; LÓPEZ, Patricia (2014)

de tolerancia inferior; LTS = límite de tolerancia superior y [LTI, LTS] = intervalo de tolerancia, entonces se cumplirán especificaciones si $LTI \leq X \leq LTS$. Se suele utilizar para analizar la capacidad unos índices que reciben el nombre de índices de capacidad, concretamente el índice de capacidad potencial (en procesos centrados) y el índice de capacidad real (en procesos descentrados) que tienen las siguientes expresiones⁵⁰

$$Cp = \frac{LTS - LTI}{6\sigma}$$

$$Cpk = \min\left(\frac{LTS - \mu}{3\sigma} ; \frac{\mu - LTI}{3\sigma}\right)$$

1.6 Herramientas Lean

Lean es una filosofía empresarial que acorta continuamente el tiempo entre el pedido del cliente y el envío al eliminar todo lo que aumenta el costo de producción y el tiempo de entrega a los clientes. Lean Manufacturing es una estrategia operacional orientada a lograr el tiempo de ciclo más corto posible al eliminar el desperdicio. La filosofía de reducir continuamente el desperdicio en todas las áreas y en todas las formas; una frase en inglés acuñada para resumir las técnicas de fabricación japonesas (específicamente, el sistema de producción de Toyota).⁵¹

Prácticamente, donde sea que vaya en su búsqueda de la definición ideal de Lean Manufacturing, existen aspectos comunes. Los siguientes indicadores tienden a aparecer⁵²:

- Eliminación de despilfarros en el proceso
- Acortar los plazos de entrega
- Estrategia o Filosofía

⁵⁰ Cfr. López, María Isabel; LÓPEZ, Patricia (2014)

⁵¹ Cfr. Botti, L., Mora, C., & Regattieri, A. (2017). 111, 481-491.

⁵² Cfr. Sartal, A., Llach, J., Vázquez, X. H., & de Castro, R. (2017). 45, 260-272.

Lean debe ser estratégico: debe implementarse como parte de una estrategia comercial y, por lo tanto, implementarse en la organización utilizando un enfoque estructurado. Este avance lleva tiempo, ya que debe abordar la parte más difícil: el cambio cultural.⁵³

1.6.1 Implementación de Lean Manufacturing

La implementación de Lean Manufacturing se realiza de acuerdo con los principios de Lean de mejora continua:

1. Especificar los valores del cliente
2. Graficar el Mapa de Valor (VSM)
3. Establecer el flujo continuo
4. Utilizar un sistema PULL
5. Lograr la perfección (se inicia nuevamente en 1)⁵⁴

El diagrama se muestra a continuación:

⁵³ Cfr. D'Antonio, G., Bedolla, J. S., & Chiabert, P. (2017). 11, 2243-2251.

⁵⁴ Cfr. Godinho Filho, M. (2017). 90(5-8), 1897-1910.

Figura 3: Implementación de Lean Manufacturing

Fuente: Godinho Filho, M. (2017). 90(5-8), 1897-1910.

Los autores indican que la implementación de Lean Manufacturing, debe considerar principalmente la mejora continua y la mejor herramienta para poder identificar los 7 desperdicios (transporte, defecto, inventario, movimiento, tiempo de espera, sobreproducción y sobre procesamiento) es el VSM o mapa de valor. Sin embargo, los autores indican que de acuerdo con el autor Liker, existe un desperdicio más la creatividad y talento no utilizado de los empleados.⁵⁵

1.6.2 VSM

El mapeo del flujo de valor es una técnica de manufactura esbelta o lean usada para documentar, analizar y mejorar el flujo de información o materiales requeridos para producir un producto o servicio para un cliente. Es decir, el mapeo del flujo de valor es

⁵⁵ Cfr. Godinho Filho, M. (2017). 90(5-8), 1897-1910.

una herramienta de papel y lápiz que le ayuda a ver y entender el flujo de material e información a medida que un producto o servicio avanza por el flujo de valor⁵⁶.

El mapeo del flujo de valor:⁵⁷

1. Recolecta y muestra un rango de información mucho más amplio que un mapa de proceso típico.
2. Tiende a estar en un nivel más alto (5-10 cajas) que muchos mapas de procesos.
3. Tiende a ser utilizado en un nivel más amplio, es decir, desde la recepción de la materia prima hasta la entrega de los productos terminados.
4. Tiende a ser utilizado para identificar dónde enfocar futuros proyectos, subproyectos y / o eventos kaizen.

Un mapa de flujo de valor (también conocido como mapa de sistema de extremo a extremo) tiene en cuenta no solo la actividad del producto, sino también los sistemas de gestión e información que respaldan el proceso básico. Esto es especialmente útil cuando se trabaja para reducir el tiempo del ciclo, porque se obtiene una idea del flujo de toma de decisiones además del flujo del proceso.⁵⁸

1.6.2.1 Generación y transferencia de datos⁵⁹:

Este grupo incluye un proceso continuo desde la selección de datos, la calidad de los datos y la recopilación de datos hasta la transferencia de datos. A través de este proceso se establece una base para el procesamiento adicional y la utilización de los datos.

La selección de datos describe la selección adaptada a los fines de la información de los datos a recopilar, especialmente con vistas a la utilización de los datos en sí (perspectiva del cliente). Lo que significa recopilar tantos datos como sea necesario y lo menos posible.

La calidad de los datos requiere una evaluación según su contenido, significado, origen, uso, granularidad, frecuencia de recopilación, consistencia, etc. en cada caso de un proceso.

⁵⁶ Cfr. Kuhlang, P., Hempen, S., Edtmayr, T., Deuse, J., & Sihn, W. (2013) 46(9), 993-997.

⁵⁷ Cfr. Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). 107(1), 223-236.

⁵⁸ Cfr. Sihn, W., & Pfeffer, M. (2013). 62(1), 427-430.

⁵⁹ Cfr. Meudt, T., Metternich, J., & Abele, E. (2017). 66(1), 413-416.

La recopilación de datos considera el grado de automatización y si la recopilación de datos es completamente automática, semiautomatizada (es decir, con una máscara de entrada) o manual / en papel. Especialmente las actividades manuales deben evitarse y verse como acciones derrochadoras.

La transferencia de datos incluye todos los medios y sistemas involucrados en el transporte de datos y especialmente considera la coherencia de los datos. Se deben evitar las discontinuidades de los medios y el sistema.

1.6.2.2 Procesamiento de datos y almacenamiento de datos⁶⁰

En LP (Lean Production), uno de los temas principales es permitir un flujo de material continuo, por ejemplo, para reducir el tiempo de entrega. Este problema puede ser respaldado por un flujo de información constante. Por lo tanto, algunos tipos de desechos LP se pueden transmitir en un nuevo contexto dentro de este grupo.

Residuos en forma de períodos de espera y cuestiones de inventario, particularmente con respecto a la disponibilidad de datos en tiempo real. Las latencias en el sistema y los datos no procesados provocan demoras que pueden afectar los procesos de fabricación.

La transferencia, el movimiento y la búsqueda incluyen especialmente actividades manuales causadas por IL ineficiente a través de rutas de transporte complejas y parcialmente no agregadas, intervenciones manuales o procesos de búsqueda. La información no está disponible en tiempo real, especialmente cuando está escrita en papel.

1.6.2.3 Utilización de datos⁶¹

Finalmente, los desechos se resumen en este grupo junto con las tareas generales de apoyo a la decisión.

En el marco del análisis de datos, los residuos tienen un papel importante que jugar al omitir el análisis de datos. Nuevos conocimientos, que permiten la mejora continua dentro de los procesos de fabricación, solo pueden obtenerse vinculando los datos con análisis adicionales.

Toma de decisiones-soporte. Solo cuando los datos y otros análisis son adecuados para la toma de decisiones, es posible mejorar los procesos de forma continua. Idealmente, los datos se prepararán de forma tal que las acciones de los humanos se muestren o se visualicen de forma intuitiva para seleccionar la mejor. La toma de decisiones basada en

⁶⁰ Cfr. Meudt, T., Metternich, J., & Abele, E. (2017). 66(1), 413-416.

⁶¹ Cfr. Meudt, T., Metternich, J., & Abele, E. (2017). 66(1), 413-416.

evidencia está determinada por una buena base de datos que puede mejorarse continuamente mediante una mejor selección de datos.

1.6.3 SMED – Single Minute Exchange of Dies

Shingo inventó el sistema Single-Minute Exchange of Dies para Toyota, ayudando a las empresas a reducir sus cambios y logrando mejoras rápidas en sus resultados como: reducción del tiempo de entrega, disminución de los inventarios que mejorarán la calidad, la productividad, las ganancias y los resultados globales. Single Minute Exchange of Dies, es una metodología utilizada para reducir el tiempo que las máquinas paran durante los cambios. En primer lugar, el enfoque SMED busca identificar los pasos que se pueden realizar mientras la máquina opera (operaciones de configuración externas) y los que solo pueden tener lugar mientras la máquina para (operaciones de configuración internas). La forma más sólida de obtener valor con esta metodología es comenzar a transformar las operaciones internas en operaciones externas, reduciendo el tiempo de inactividad durante los cambios y estandarizando el proceso. La metodología SMED distingue en un cambio dos tipos de operaciones: Operaciones internas (IED) - Intercambio de entrada de matrices que solo se puede realizar con la máquina inmovilizada y Operaciones externas (OED - Intercambio de salidas de matrices) que se pueden realizar mientras la máquina opera. El método SMED ha permitido a numerosas empresas reducir considerablemente sus tiempos de cambio. Las empresas ahora pueden pasar de varias horas a unos minutos. La definición de los estándares para el cambio juega aquí un papel clave. La aplicación de SMED es indispensable, ya que los largos cambios de una serie de producción son problemas críticos para garantizar la fluidez de la circulación de los productos. Mejore la calidad del mantenimiento mediante el establecimiento de criterios periódicos de inspección y reemplazo basados en estándares provisionales de limpieza e inspección.⁶² La metodología desarrollada por Shigeo Shingo, denominada SMED (intercambio de un solo minuto de la matriz) propone que las configuraciones se lleven a cabo dentro de un período de tiempo máximo de 10 minutos. Esto se puede lograr mediante la racionalización de tareas realizada por el operador de la máquina.⁶³

⁶² Cfr. Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). 13, 1034-1042.

⁶³ Cfr. Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). 13, 1034-1042.

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN Y ANALISIS DEL PROCESO ACTUAL

En el presente capítulo detallará las definiciones básicas necesarias para comprender y sustentar el problema abordado en el presente trabajo de investigación. Asimismo, se presentará información sobre el entorno de la industria y el marco normativo del cual pertenece la empresa en estudio.

2.1 Descripción de la empresa

La empresa textil es una empresa que se encuentra en el mercado peruano hace 37 años. La empresa en mención se caracteriza por ser la compañía textil con mayor integración vertical en el país, ya que ofrece a sus clientes productos “full package”. En otras palabras la empresa textil puede fabricar productos textiles que van desde el desmontado, hilado, tejido, teñido, acabado, confección de los mismos y, en general, todas las actividades relacionadas con el procesamiento industrial de las fibras naturales y sintéticas, así como la comercialización, distribución y representación de productos textiles, fibra de algodón, hilado, tela y prendas de vestir, tanto a nivel local como en el exterior.

2.1.1 Actividad económica

Según la clasificación internacional uniforme CIIU, la empresa textil pertenece la actividad económica respectiva a la sección C (Industrias manufactureras), división 13 y 14, grupo 131 y 141 y clase 1311, 1312 y 1410.

2.1.2 Mapa de Procesos

Actualmente el mapa de procesos a nivel organizacional de la empresa está compuesto por cuatro procesos estratégicos, cinco procesos operativos y cuatro procesos de soporte. Líneas posteriores se brindará una breve descripción de cada proceso (Véase figura 4).

2.1.2.1 Procesos Estratégicos:

- **Planeamiento Estratégico:** este proceso direcciona las actividades del negocio, implica establecer objetivos, estrategias y proyectos que permitan a la organización responder los cambios dinámicos del mercado. Asimismo, involucra la elaboración

de planes estratégicos que prevén el futuro del negocio y su entorno, y los procedimientos que se requieren para alcanzar los resultados deseados.

- Dirección: Proporciona una guía, dirección y límites de la organización para decidir sobre el camino que tomará la compañía para lograr la visión propuesta.
- Gestión de la Calidad: Encargado de la planeación, control y mejora de la calidad de los procesos de la empresa. Verifica la gestión de calidad desde la recepción de materia prima hasta el servicio brindado al cliente teniendo como objetivo principal la satisfacción plena de las necesidades de este.
- Mejora continua: proceso en el cual se analiza los procesos de toda la cadena productiva a fin de proponer la optimización de los mismos a través de proyectos basados en la metodología DMAIC.

2.1.2.2 Procesos Operativos:

- Planeamiento y Control de la Producción: se maneja todo lo referente a la planificación antes de producir y a la manera en cómo mantenerla bajo control.
- Comercial: Responsable de maximizar los resultados de la empresa a través de la venta, políticas de precios y descuentos.
- Producción: El proceso de producción de la empresa se encuentra dividido en nueve subprocesos de producción, los cuales hacen referencia a la fabricación de hilos, telas y confecciones.
- Pre producción: encargada de investigar, desarrollar y reproducir tejidos requeridos por los clientes. En este proceso se crea la muestra de telas o de prendas para que sean enviadas a través del área comercial al cliente.
- Control de calidad: Proceso encargado de verificar y asegurar que la calidad de los productos en proceso y terminados cumplan con los estándares y certificaciones técnicas.

2.1.2.3 Procesos Apoyo:

- Logística: Evalúa y selecciona a los proveedores a utilizar para la entrega de un pedido, previo estudio a los requerimientos del cliente. Asimismo, gestiona las compras de materias primas e insumos de acuerdo a las especificaciones que cumpla con las expectativas del cliente Por otro lado, vela por el almacenamiento de materia

prima y de productos terminados, inventarios del proceso productivo, distribución y transporte

- **Mantenimiento:** está encargada de asegurar que toda la maquinaria de producción se encuentre operativa y en estado óptimo para ello hacen uso de la planificación de los mantenimientos a nivel predictivo y preventivo.
- **Recursos Humanos (RRHH):** se encarga desde la selección del personal hasta su cese, su principal rol es difundir la importancia del personal, realizar buen reclutamiento e integración de ellos.
- **Informática:** se encarga de la recolección, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información a las distintas áreas que conforman su sistema con el fin de mejorar la productividad.

Figura 4: Mapa de procesos

Fuente: La empresa

2.1.3 Perfil Organizacional

Misión

Somos una empresa textil con líneas de negocio diversificadas y verticalmente integrada. Trabajamos para satisfacer los estándares de calidad de nuestros clientes, basados en capacidad innovadora, flexibilidad y vocación de servicio, a través de productos diferenciados. Contamos con un equipo humano especializado, identificado, y comprometido con la empresa, promoviendo el desarrollo de sus competencias.

Orientamos nuestras operaciones a lograr una rentabilidad que permita un crecimiento sostenido. Promovemos un accionar con responsabilidad social y ambiental.

Visión

Ser referente mundial en productos textiles diversificados de calidad, cuyas operaciones permitan una alta rentabilidad. Accionar basado en la investigación y desarrollo para otorgar satisfacción y rápida respuesta a los clientes, actuando acorde a las normas de buen gobierno corporativo.

Filosofía y cultura empresarial

- Valoramos la identificación del personal con la empresa, el comportamiento ético y responsable, fomentando su capacitación y desarrollo.
- Practicamos una cultura de orden, disciplina, puntualidad y limpieza.
- Promovemos una actitud de cambio e innovación, orientando su accionar a las
- necesidades del mercado, manteniendo una organización ágil, flexible y de permanente
- optimización tecnológica.

Política de calidad

Interpretar las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, estableciendo especificaciones y parámetros de procesos, que nos permitan proveerlos de productos que satisfagan e incluso excedan sus expectativas. Esto se logra gracias a un personal altamente calificado, al uso de materia prima y accesorios selectos, a la innovación de productos y procesos, al empleo de tecnología de punta, que permitan adaptarnos rápidamente a las nuevas necesidades del mercado, respetando el medio ambiente y siendo socialmente responsables.

Organigrama

La estructura organizacional se encuentra encabezada por el Directorio y seguidamente por la Gerencia General. La organización cuenta con tres departamentos: Ingeniería Industrial, Auditoría Interna y Pre Producción. El primer departamento está conformado por Planeamiento y Control de la Producción (PCP), Control de la calidad, Organización y Métodos (O y M) y Proyectos especiales. Asimismo, existen cuatro gerencias las cuales son Administración y finanzas, Gerencia Técnica, Gerencia Comercial Hilandería y Gerencia Comercial Tejidos. Por su parte, la Gerencia de administración y finanzas está compuesta por seis jefaturas, las cuales son Administración, Contabilidad, Finanzas, Logística, Recursos Humanos e informática. Igualmente, la Gerencia técnica tiene a su cargo dos superintendencias las cuales son Superintendencia de Hilandería y Superintendencia de Tejeduría. La primera superintendencia solo cuenta con una jefatura la cual es de Hilandería; en cambio la Superintendencia de planta tiene a su cargo cinco jefaturas, las cuales son Muestras, Tejeduría, Tintorería, Estampado y Mantenimiento. Finalmente existen dos áreas que reportan directamente a Gerencia General, estas son Administración de desmontadoras y Jefatura Retail. (Véase Figura 5)

Figura 5: Organigrama de la empresa

Fuente: La empresa

2.4.1 Participación en el modelo de negocio

Dentro del modelo de negocio de la empresa, se encuentra la participación de las siguientes entidades.

2.4.1.1 Clientes

La empresa bajo estudio comercializa sus productos de hilo, tela y prendas en el mercado local y en el extranjero siendo sus mercados Sudamérica, Europa, Asia, Estados unidos y Centroamérica. Por tanto, sus principales clientes son los siguientes:

Tabla 5: Principales Clientes (Por productos)

Hilados		Tejidos	Confecciones	
Industrias Cavalier	Devanlay (Lacoste Perú)	Braemore Textiles	Tommy Bahamas	Cabelas
Cotton Knit	Paramount	Folia Fabrics	Devanlay USA	Robert Graham
Textil Camones	Industrias Cataguages	Swavelle	L.L Bean	Charly Dog
Textil Del Valle	Vesuvio	Mill Creek	Broder Bros	Clifton Charles
Precotex	Mey GMBG	Waverley	Cutter & Buck	Life is good
Textil Océano	Industrias Nettalco	Kaufmann	Island Company	Industrias Cavalier
Universal Textil	IAFIL	Ferrioni	Psycho Bunny	Cueros Velez
Textil Amazonas	INTIFIL	Nataly Group	University Club	Bassil

Principales Clientes (Por productos)

Hilados	Tejidos	Confecciones	
Mitsubishi	La Martina	Paula	/ Penguin
	Marimekko	/ La martina	/ Gola /
	Anne Fontaine	Basement	Uomo Venetto
	Nakayama	Cristian Lacroix	Crawford
	Macclem	Pacco Rabanne	Malwee
		Etiqueta Negra	Damyleer
		Baumgarten	Martina Di trento
		Wrangle-UFO	/ Brooksfild

Principales Clientes (Por Región)

Norte América				Europa	Asia
Braemore Textiles - USA	Broder Bros- USA	L.L Bean - USA	Island Company- USA	Marimekko - Filandia	Mitsubishi - Japón
Folia Fabrics - USA	Devanlay - USA	Tommy Bahamas- USA	Robert Graham - USA	Mey GMBG- Alemania	Nakayama - Japón
Swavelle - USA	Cutter & Buck - USA	Cabelas- USA	Life is good- USA	INTIFIL - Suiza	
Mill Creek - USA	Psycho Bunny - USA	Charly Dog- USA	Industrias Cavalier- Mexico	IAFIL - Italia	
Waverly - USA	Clifton Charles- USA	Kaufmann- USA	Ferrioni - Mexico	Anne Fontaine - Francia	

Principales Clientes (Por Región)

Sudamérica			
Cotton Knit - Perú	Universal Textil- Perú	University Club - Perú	Precotex - Perú
Textil Camones - Perú	Textil Amazonas- Perú	Basement- Perú	Devanlay (Lacoste Perú)
Textil Del Valle - Perú	Industrias Nettelco - Perú	Cristian Lacroix- Perú	Pacco Rabanne - Perú
Textil Océano - Perú	Coast Cadena - Colombia	Crystal SAS- Colombia	Cueros Velez- Colombia
Bassil - Ecuador	/ Uomo Venetto - Ecuador	Paramount - Brasil	Industrias Cataguages - Brasil
Vesuvio - Argentina	La Martina- Argentina	Nataly Group - Brasil	Macclem- Brasil
Wrangle-UFO - Argentina	Martina Di trento - Argentina	Etiqueta Negra – Brasil- Chile- Argentina	Crawford -Brasil
/ Brookfield - Argentina	Paula - Argentina	Malwee - Brasil	Damyleer - Brasil
Pengtün - Argentina	Gola - Argentina	Baumgarten - Brasil	

Fuente: La empresa

Asimismo, cuenta con marcas propias en prendas de vestir las cuales son Norman & Taylor, Marc Boehler y M.bö

2.4.1.2 Colaboradores

La fuerza laboral de la empresa bajo estudio se encuentra conformada por funcionarios, empleados y obreros. A continuación, se muestra dicha clasificación desde el año 2014 hasta el 2016.

Tabla 6: Número de colaboradores de la empresa textil bajo estudio 2014- 2016

N°Trabaj.	Año 2016			Año 2015			Año 2014			Variación (%)	
	Perman	Event.	Total	Perman	Event	Total	Perman	Eventu	Total	2016-2015	2015-2014
Funcionarios	5	0	5	5	0	5	5	0	5	0%	0%
Empleados	115	445	560	113	458	571	123	456	579	-1,93%	1,38%
Obreros	74	793	867	76	814	890	76	930	1006	-2,58%	-11,53%
	Total		1432		Total			Total		1590	-2,32%
						1466				-7,80%	

Fuente: La empresa

2.4.1.3 Proveedores

La empresa Textil para garantizar productos de calidad debe tener proveedores que cumplan con las exigencias que garanticen que nuestros productos cumplan con los requisitos del cliente.

Tabla 7: Principales proveedores por tipo de insumo o recurso

N°	Tipo de recurso	Proveedor
1	Químicos y colorantes	Química suiza
2	Algodón	Avery Dennison Worldwide Ticke
3	Maquinarias	Trutzschler industria e comercio de máquinas Ltda.
4	Maquinarias	Picanol
5	Maquinarias	Schlafhorst
6	Maquinarias	Marzoli machines textile srl
7	Maquinarias	Rieter machine works ltd.
8	Avíos	Gustavo sanchez s.a.c.
9	Avíos	Label peru sac
10	Equipos	Datatex ag

Fuente: La empresa

2.1.5 Objetivos estratégicos de la empresa

Los objetivos estratégicos de la empresa son definidos en base a las decisiones estratégicas propuestas por el directorio y la gerencia general. Los objetivos estratégicos son plasmados en una matriz de control, en la cual se concibe los objetivos por cada

perspectiva con sus respectivos indicadores de control. A continuación, se lista las decisiones estratégicas formuladas para el ejercicio 2017

- Desarrollar un sistema de gestión integral que permita tener información de gestión y financiera para la toma de decisiones estratégicas adecuadas.
- Elaborar un plan estratégico a mediano y largo plazo el cual permita cumplir con la misión, visión, objetivos y metas de la empresa.
- Crear un sistema de capacitación para los colaboradores claves de la organización con la finalidad de que estos adquieran nuevas habilidades y competencias.
- Despachar los pedidos de acuerdo a los parámetros solicitados por el cliente (Cantidad, tiempo y calidad)

2.1.5.1 Mapa estratégico

El mapa estratégico de la empresa textil cuenta con un total de once objetivos de los cuales dos objetivos corresponden a la perspectiva financiera, dos objetivos pertenecen a la perspectiva clientes, cuatro objetivos pertenecen a la perspectiva procesos y finalmente tres objetivos pertenecen a la perspectiva clientes. Asimismo, se puede observar que el alcance de un logro determinado está directamente relacionado o depende del cumplimiento de otros objetivos. Por ejemplo, para incrementar la satisfacción de los clientes será necesario alcanzar los objetivos de cumplimiento de despacho y tiempos programados de entrega de muestras hacia los clientes. El mapa estratégico también muestra que los objetivos de cumplimiento de tiempo de despacho se encuentran en un estado crítico (Rojo), todos los objetivos referentes a las perspectivas financieras y de clientes se encuentran en un estado de peligro o alerta (amarillo) y finalmente algunos de los objetivos de las perspectivas de procesos y aprendizaje se encuentran en un estado de control (verde).

Figura 6: Mapa estratégico de la empresa textil 2016

Fuente: La empresa

2.1.5.2 Matriz estratégica

La matriz estratégica que se muestra a continuación muestra en un mayor nivel de detalle los objetivos de cada perspectiva, mediante el empleo de indicadores. Asimismo, se muestra el nombramiento de los responsables, así como la unidad de medida de cada uno de los indicadores definidos para el cumplimiento de los indicadores. Del mismo modo que los objetivos se encuentran en un estado los indicadores también tienen un estado definido que se visualiza en la siguiente matriz.

Tabla 8: Matriz estratégica 2016

Perspectiva	Objetivo	Resp	Título	Und	Frecuencia de Seguimiento
Financiera	● F1: Incrementar el margen operativo	GG	● F1.a Crecimiento en el MO	%	Anual
	● F2: Incrementar ventas locales y de exportación	GG	● F2.a Ingresos generados por la venta cartera de productos	%	Anual
			● F2.b Incrementar de nuevos clientes	%	Anual
Cliente	● C1: Disminuir quejas y/o reclamos	GC	● C1.a Reclamos de los clientes	Cant	Semestral
	● C2: Aumentar la satisfacción del cliente	GC	● C2.a Nivel de satisfacción del cliente	%	Semestral
Procesos	● P1: Cumplir a tiempo con los despachos de los pedidos	GT	● P1.a Índice de pedidos que se entregan a tiempo	%	Mensual
			● P1.b Cumplimiento de programas de producción	%	Mensual
	● P2: Cumplir con el tiempo programado de entrega de muestras	PP	● P2.a Entrega de muestras en el tiempo establecido	%	Mensual
	● P3: Reducir telas no exportables	SP	● P3.a Tela no exportable	Cant	Mensual
	● P4: Incrementar el rendimiento de materia prima	SH	● P4.a Eficiencia del algodón	%	Mensual
Aprendizaje	● A1: Desarrollar competencias requeridas del puesto	RRHH	● A1.a Índice de desempeño	%	Semestral
	● A2: Mejorar la fidelización del personal operativo	RRHH	● A2.a Tasa de rotación del personal operativo	%	Semestral
	● A3: Asegurar la cultura Six Sigma	PE	● A3.a Proyectos Six Sigma	Cant	Anual

Fuente: La empresa

2.2 Descripción del proceso de producción

El proceso de producción textil en la empresa bajo investigación involucra nueve subprocesos. El inicio de la producción se realiza en las plantas desmontadoras que se

encargan de acopiar el algodón entregado por agricultores locales de Piura y Lambayeque. Posteriormente, el subproceso de Hilandería se encarga de transformar la materia prima en hilos de diferentes tipos.

Seguido a ello, el hilo podrá ser despachado a un cliente externo o ser la materia prima de los subprocesos de tintorería de Hilos o Tejeduría. El subproceso de tintorería de hilos, tal como su nombre lo indica se encarga de brindar color al hilo crudo. Este producto también puede ser despachado a un cliente externo o ser la materia prima del subproceso de tejeduría. Por su parte, el subproceso de Tejeduría se encarga de entrelazar perpendicularmente dos o más hilos estirados con el objetivo de transformar las fibras o hilos en telas. Dependiendo del tipo de tela que se desee se desarrollará el diseño, la proporción de la fibra y la estructura de la tela. Cabe mencionar que la empresa solo cuenta con el subproceso de tejido plano más no de tejido de punto. El producto final de tejeduría es el tejido crudo. Este producto será la materia prima del siguiente subproceso, el cual es el preparado. El preparado tiene el objetivo dar un tratamiento previo a la tela y de esa forma eliminar del tejido el 15% o hasta el 25 % de sustancias extrañas. Luego del preparado, la tela puede seguir por diferentes subprocesos: teñido de tela, estampado o acabado. El subproceso de teñido de tela se lleva a cabo utilizando medios mecánicos (humectación por impregnado y exprimido).

El baño de teñido se distribuye homogéneamente sobre la tela. Por otra parte, el subproceso de estampado se encarga de la aplicación local del colorante que resulta en diseños por composición de la forma y el color, A diferencia del subproceso de teñido de tela, en el estampado se emplea soluciones o dispersiones espesadas, de tal forma se evita que la partícula de colorante migre, reteniendo el color en la superficie de estampación. Posteriormente las tela preparada, la tela estampada y la tela teñida pasarán al subproceso de acabado, la cual tiene como fin modificar su tacto, apariencia o comportamiento, ya que durante los subprocesos anteriores se perdieron ceras y grasas naturales de la materia prima. El acabado de telas brinda un valor agregado a las telas, además de diferenciarse por crear acabados únicos.

Cabe mencionar que el tipo de acabado dependerá del tipo de prenda y en qué segmento de precio se va a vender. Como se puede apreciar en el subproceso de acabado se generan cuatro tipos de telas las cuales podrán ser comercializadas a los clientes finales o seguir con el subproceso de confección. En este último subproceso la tela se transformara en piezas y pasará por diferentes actividades hasta conseguir una prenda final. Cabe mencionar que el proceso de confección lo realiza una subsidiaria de la empresa.

Asimismo, es importante mencionar pre producción, control de calidad y planeamiento y control de la producción son procesos de apoyo fundamentales para que se llegue con el objetivo de la empresa. A continuación, se muestra una representación gráfica de los subprocesos de producción detallados líneas anteriores. Asimismo, se muestra los tipos de productos que se venden y los procesos por los que deben de pasar para ser fabricados.

Figura 7: Proceso de producción y productos finales

Fuente: Elaboración propia

2.3 Identificación del problema actual: Oportunidad de mejora

La empresa al ser una empresa de gran escala mantiene oportunidades de mejora en cada uno de sus Macroprocesos; sin embargo, para identificar la problemática a solucionar se empleará el análisis de los resultados 2016 de la matriz estratégica.

2.3.1 Análisis de la matriz estratégica: Objetivos de ventas

De acuerdo con lo presentado en el punto 2.1.5.1 y 2.1.5.2 se puede observar que el objetivo de incrementar las ventas no ha sido logrado. Según información proporcionada por la empresa se pronosticaba un incremento del 5 % de las ventas nacionales y extranjeras; respecto al año precedente; sin embargo, el indicador financiero arrojó resultados no favores.

Los ingresos por ventas de la empresa al 31 de diciembre del año 2016 alcanzaron la cifra de S/ 244 299 546. Siendo este monto un 5% menor al de año 2015. Asimismo, se puede identificar que desde el 2014 existe una tendencia a la baja en el nivel de ventas. Además, analizando los resultados de ventas por tipo de producto se observa que respecto al año 2015, los ingresos referentes a la venta de tejido y sub productos tuvieron incrementos del 15% y más del 100 % respectivamente; en cambio, los otros tipos de productos han sufrido una disminución considerable en sus ventas.

Tabla 9: Ventas de la empresa en los tres últimos años

	2014	2015	2016
Ventas	S/.	S/.	S/.
Hilado	138 136 314	143 023 598	131 099 362
Tejido	61 615 659	44 707 334	51 614 534
Prendas	55 611 665	59 166 835	52 747 802
Accesorios y otros	883 677	1 088 536	1 038 680
Algodón	4 060 543	2 526 439	24 988
Otros	0	0	49 555
Sub-productos	4 664 013	1 307 030	3 400 659
Pepa de algodón	1 849 950	2 477 848	1 453 303
Servicios en mercado local	3 377 357	4 033 388	2 870 663
Servicios en mercado del exterior	0	0	0
Total	270 199 178	258 331 008	244 299 546

Fuente: La empresa

La oportunidad de mejora será enfocada en aquellos productos que proporcionan a la empresa mayores ingresos; es decir Hilado, tejido y prendas. De estos tres productos la selección de tipo de producto a mejorar se basa en la cantidad de productos que quedan en inventario y el análisis de la rentabilidad que genera los productos a la empresa.

De acuerdo con la información presentada en la memoria 2016, la empresa produjo la cantidad de 7 779 774 kilos en hilado, asimismo se produjo 4 745 076 metros de tejidos y finalmente la producción de prendas de vestir sumo un total de 777 643 unidades. Por otra parte, en lo que se refiere a ventas en el 2016 se vendió 6 834 705 kilos de hilo, 3 424 928 metros de tejido de algodón y 874 957 prendas de vestir. Al tener la información de producción y ventas se pudo realizar el cálculo del inventario por tipo de producto, es así como de acuerdo a la tabla 10 se observa que la mayor diferencia de producción que permaneció sin ser vendida fue la categoría de tejidos de algodón.

Tabla 10: Inventario de productos 2016

Tipo de producto	Producción	Venta	Diferencia
Hilado de algodón (Kg)	7,779,774	6,834,705	945,069
Tejidos de algodón (m)	4,745,076	3,424,928	1,320,148
Prendas (Und)	777,643	874,957	-97,314

Fuente: La empresa

Asimismo, para analizar la rentabilidad de los productos seleccionados se utilizó la información proporcionada por la empresa, así como también la contenida en su Estado de Ganancias y Pérdidas. De esa forma se identificó que el producto Hilos aporta un margen de ganancia de 12%, el producto telas un 25% y las prendas un 13%. Por tanto, se concluye que las telas representan al producto de mayor rentabilidad para la empresa.

Tabla 11: Rentabilidad por productos 2016

Tipo de producto	Venta Anual en S/.	Margen Ganancia S/.	% Margen de Ganancia por producto
Hilado de Algodón	131.009.362	15.721.123	12%
Tejido de Algodón	51.614.534	12.903.634	25%
Prendas	52.747.802	6.857.214	13%

Finalmente, analizando la rentabilidad por tipo de tela comercializada se puede observar el menor margen de ganancia aportado hace referencia al producto tela Hilo color a pesar de que en el 2016 fue el producto con más ventas. En contraparte la tela teñida genera un margen de ganancia de 25%; no obstante, fue uno de los productos con menor venta del año anterior al actual. Los otros tipos de productos mantienen un margen de ganancia de 25% y 28%

2.3.2 Análisis del cumplimiento de despacho a tiempo del producto tela

Una vez identificado la importancia monetaria del producto tela se procede a analizar el cumplimiento de despachos a tiempo del producto en mención. Durante el 2016 hubo un total de 4 898 pedidos de diferentes tipos de tela. A continuación, se mostrará el total de pedidos por mes y la cantidad de despachos entregados fuera de tiempo.

Figura 8: Telas Despachos con demoras de entrega vs. Despachos programados a tiempo.

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Al año la cantidad de despachos fuera de tiempo suman un total de 1 201 pedidos; es decir casi el 25 % del total de pedidos. Asimismo, de acuerdo con la información proporcionada por la empresa en ninguno de los meses del año 2016 el indicador de nivel de cumplimiento del tiempo de despacho alcanzó el porcentaje óptimo de 95% ni tampoco alcanzó el resultado de alerta (amarillo) (>90%, <95%). Como se muestra a continuación:

Figura 9: Nivel de cumplimiento de despacho de tela

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Por lo mostrado anteriormente fue necesario identificar la cantidad de pedidos entregados fuera de tiempo y el nivel de cumplimiento de despacho a tiempo por tipo de tela.

Con respecto al subproducto tela con Hilo de color se observa en la figura 10 que durante el 2016 se tuvo un total de 2061 pedidos de los cuales 193 se entregaron fuera de tiempo, equivalente al 9% del total de pedidos. Asimismo, analizando el nivel de cumplimiento óptimo durante seis meses se llegó a la meta de pasar del 95% y los otros meses se encontraron dentro de un rango mayor del 85%, como se muestra a continuación:

Figura 10: Tela con Hilo de Color: Despachos con demoras vs. Despachos programados a tiempo

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Figura 11: Nivel de cumplimiento de despacho de tela con hilo de color

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Por otro lado, en el subproducto tela cruda los resultados durante el 2016 muestran un total de 1128 pedidos de los cuales 150 se entregaron fuera de tiempo. Equivalentes al 13% del total de pedidos. Asimismo, analizando el nivel de cumplimiento óptimo durante seis meses se llegó a pasar la meta del 95%, sin embargo, los meses de julio, agosto y

setiembre el nivel de cumplimiento de despacho a tiempo fue menor a 80%.

Figura 12: Tela cruda: Despachos con demora vs. Despachos programados a tiempo

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Figura 13: Nivel de cumplimiento de despacho de tela cruda

Elaboración propia. Fuente: La empresa

En referencia al subproducto tela estampada los resultados no fueron tan favorables como los anteriores, ya que en el 2016 de un total de 1022 pedidos 281 se entregaron fuera de tiempo; 27 % de pedidos. Ocasionando, un nivel de cumplimiento por debajo de la meta

en los meses del año 2016, como se muestra en las siguientes figuras 14 y 15

Figura 14: Tela estampada: Despachos con demoras y despachos programados a tiempo

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Figura 15: Nivel de cumplimiento de despacho de tela estampada

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Finalmente, el subproducto tela teñida tuvo mayor cantidad de pedidos entregados fuera de tiempo, de un total de 687 pedidos 342 se entregaron fuera de la fecha, equivalentes a un 49%. El nivel de cumplimiento se encontró por debajo de la meta porcentual, y por

debajo del rango crítico en todos los meses del 2016, véase las figuras 16 y 17

Figura 16: Tela Teñida: Despachos con demoras vs. Despachos programados a tiempo

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Figura 17: Nivel de cumplimiento de despacho de tela teñida

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Según los resultados presentados anteriormente, se determina que el despacho de tela teñida es aquel producto crítico y con mayor variabilidad respecto al cumplimiento de despacho a tiempo. Por lo tanto, será necesario identificar las causas por las cuales se

origina este problema.

Tabla 11: Comparación Tipo de Producto de acuerdo con su nivel de cumplimiento

Tipo de producto	Nivel de cumplimiento a tiempo	Nivel de cumplimiento fuera de fecha	Nivel de cumplimiento esperado
Tela Cruda (Blanco)	87%	13%	95%
Tela Estampada	73%	27%	95%
Tela Hilo Color	91%	86%	95%
Tela Teñida	52%	49%	95%

Elaboración propia, fuente: La empresa

Por lo tanto, en la siguiente tabla 13 se han ingresado todos los resultados del análisis precedente, en donde, se muestra que el subproducto de tela teñida es el que menor nivel de cumplimiento (NC) de entregas de 33%, cuando, el subproducto de tela con hilo de color tiene un nivel de cumplimiento fuera de tiempo de 9%, la tela cruda de 12% y la tela estampada de 22%. Al compararse al 100% de la producción el tiempo de entrega fuera de tiempo del subproducto de tela teñida es de 6%

Tabla 12: Resultados del Análisis de entregas tardías

Mes - 2016	TELA CON HILO COLOR				TELA CRUDA				TELA ESTAMPADA				TELA TEÑIDA				TOTAL	
	Programados	Fuera de tiempo	NC	NNC	Programados	Fuera de tiempo	NC	NNC	Programados	Fuera de tiempo	NC	NNC	Programados	Fuera de tiempo	NC	NNC	Programados	Fuera de tiempo
Enero	145	19	88%	12%	94	17	85%	15%	90	11	89%	11%	41	14	75%	25%	370	61
Febrero	150	3	98%	2%	98	17	85%	15%	97	17	85%	15%	69	47	59%	41%	414	84
Marzo	140	3	98%	2%	96	2	98%	2%	95	30	76%	24%	67	20	77%	23%	398	55
Abril	180	9	95%	5%	95	5	95%	5%	98	30	77%	23%	42	22	66%	34%	415	66
Mayo	168	20	89%	11%	87	3	97%	3%	78	29	73%	27%	65	33	66%	34%	398	85
Junio	170	24	88%	12%	85	3	97%	3%	73	18	80%	20%	55	20	73%	27%	383	65
Julio	185	11	94%	6%	95	23	81%	19%	75	19	80%	20%	48	11	81%	19%	403	64
Agosto	155	25	86%	14%	95	41	70%	30%	75	18	81%	19%	56	36	61%	39%	381	120
Setiembre	190	38	83%	17%	97	21	82%	18%	82	25	77%	23%	45	11	80%	20%	414	95
Octubre	198	4	98%	2%	95	2	98%	2%	80	22	78%	22%	55	47	54%	46%	428	75
Noviembre	195	4	98%	2%	96	2	98%	2%	89	21	81%	19%	70	28	71%	29%	450	55
Diciembre	185	33	85%	15%	95	14	87%	13%	90	41	69%	31%	74	53	58%	42%	444	141
	2061	193			1128	150			1022	281			687	342			4898	966
Nivel de cumplimiento/incumplimiento por categoría	91%	9%			88%	12%			78%	22%			67%	33%			84%	16%
Nivel de cumplimiento/incumplimiento total	35%	3%			19%	3%			17%	5%			12%	6%				

Fuente: Elaboración Propia

Legenda

NC = Nivel de cumplimiento

NNC = Nivel de no cumplimiento

Por lo que se concluye que, el subproducto de tela teñida es la que lleva mayor nivel de incumplimiento de entregas con un 33% de los pedidos de teñido, y el 6% del total.

2.4 Diagnóstico de las posibles causas que originan el problema

Para poder identificar las causas raíz del problema de bajo nivel de cumplimiento de entregas por los subproductos de telas teñidas, se han determinado las siguientes causas:

1. Tiempo de espera
2. Reprocesos
3. Paradas Programadas

2.4.1 Tiempo de Espera

En el diagrama de análisis del proceso (DAP) que se muestra en la tabla 14, indica las esperas de los tres procesos, Preparado, Teñido y Acabado de 2.75, 4.75 y 2.17 días respectivamente:

Tabla 13: Diagrama de análisis del proceso teñido de telas

DAP		PROCESO DE TEÑIDO							
Diagrama: N° 1		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN					
Objeto: Bobina de tela		Actividad		Pasos	%	Días	%		
Actividad: Preparar (P) , teñir (T) y acabar tela (A)		Demora		11	25%	9.9	57%		
Rutas: P: , T: , A:		Operación		15	34%	6.6	38%		
Método: Actual		Almacenaje		0	0%	0.0	0%		
Lugar: Planta de teñido de hilos y telas		Transporte		16	36%	0.7	4%		
Compuesto por : Elena Arce		Inspección		2	5%	0.2	1%		
		Distancia total (m)							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo Estándar (Días)	SIMBOLOGÍA					OBS.
				○	⇒	◻	◻	▽	
Bobina de tela en espera de Chamuscado/desenconlado	1	-	0.55			X			(1)
Chamusc/Desenconlado	1	-	0.54	X					
traslado de bobina para reposo	1	9	0.00		X				
Reposo	1	-	1.25	X					
Bobina de tela en espera de blanqueo químico	1	-	0.80			X			(2)
traslado de bobina para blanqueo químico	1	9	0.00		X				
Blanqueo químico	1	-	0.54	X					
traslado de bobina para reposo	1	6	0.00		X				
Reposo	1	-	1.25	X					
Traslado de bobina para lavado semiblanco	1	9	0.00		X				
Lavado semiblanco	1	-	0.56	X					
traslado de bobina para mercerizado	1	25	0.01		X				
Bobina de tela en espera de mercerizado	1	-	0.45			X			(3)
Mercerizado	1	-	0.47	X					
Traslado de bobina para secado	1	24	0.01		X				
Bobina de tela en espera de secado	1	-	0.95			X			(4)
Secado	1	-	0.14	X					
Traslado de bobina para ser teñido	1	12	0.00		X				
Bobina de tela en espera de teñido	1	-	2.00			X			(5)
Teñido	1	-	0.06	X					
traslado de bobina para reposo	1	20	0.01		X				
Reposo	1	-	1.12	X					
Rollo de tela en espera de lavado teñido		-	0.25			X			
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	1	18	0.01		X				(6)
Lavado teñido	1	-	0.09	X					
Traslado de rollo de tela para secado	1	18	0.01		X				
Rollo de tela en espera de de secado	1	-	0.50			X			
Secado	1	-	0.09	X					
Traslado de bobina para su revisión	1	22	0.01		X				
Bobina en espera para su revisión	1	-	2.00			X			(7)
Revisión de tela teñida	1	-	0.07			X			
Traslado de bobina para impregnado	1	36	0.01		X				
Bobina de tela en espera de impregnado	1	-	1.00			X			(8)
Impregnado	1	-	0.07	X					
Traslado de bobina para calandrar	1	10	0.00		X				
Calandrado	1	-	0.10	X					
Traslado de bobina para sanforizado	1	4	0.00		X				
Sanforizado	1	-	0.08	X					
Traslado de bobina para revisión	1	26	0.01		X				
Bobina en espera para su revisión	1	-	2.00			X			
Revisión de tela acabada	1	-	0.13			X			
traslado de bobina para enrollado/doblado	1	5	0.00		X				
Bobina en espera de enrollado/doblado	1	-	0.17			X			(10)
Enrollado/Doblado	1	-	0.33	X					
TOTAL		252	17.64	15	16	11	2	0	

Preparado,
promedio tiempos
de espera: 2.75 días

Teñido, promedio
tiempos de espera:
4.75 días

Acabado, promedio
tiempos de espera:
2.17 días

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Por lo tanto, de la tabla 14, se tomará como línea piloto el proceso de teñido, ya que el tiempo promedio de espera para las 252 observaciones es de 4.75 días por bobina.

Tabla 14: Comparación de Promedio de tiempos entre los 3 procesos

Proceso	Promedio días		% acum
	Espera	%	
Teñido	4.75	49%	49%
Preparado	2.75	28%	78%
Acabado	2.17	22%	100%
	9.67		

Elaboración propia

De la tabla se observa que el 49% del tiempo de espera se genera en el proceso de teñido con un promedio de 4.75 días, creando el cuello de botella, y por ende el mayor retraso en las entregas de este producto. A continuación, se muestra de manera gráfica:

Figura 18: Comparación de Promedio de tiempos entre los 3 procesos

Elaboración propia

Estos tiempos de espera se generan por la cola en una máquina, se quiere dar entender que existen órdenes que están en espera de ser atendidas. La empresa trabaja bajo un sistema make to order, existe la posibilidad de que se genere una sobreproducción de tela.

Asimismo, una vez que se relacionan el tiempo del proceso sin tiempo de espera, el proceso de teñido muestra que en sí el proceso por bobina es de un promedio de 1.46 días, mientras que para los procesos de preparado y acabado son de 4.78 y 1.73 días respectivamente, como se muestra a continuación:

Tabla 15: Relación de tiempos de proceso y tiempo de espera

Fase	Proceso		Tiempo de espera	
	Días	%	Días	%
Preparado	4.78	27%	2.75	16%
Teñido	1.46	8%	4.75	27%
Acabado	1.73	10%	2.17	12%
Porcentaje		45%		55%

Elaboración propia

En la tabla 16 se muestra la relación de los tiempos de cada uno de los procesos y sus respectivos tiempos de espera, en donde para el proceso de teñido se observa que por cada 1.46 días por proceso de una bobina se generan 4.75 días de espera por proceso. Para ello se debe identificar el equipo o maquinaria que genera mayor tiempo de espera o de cola. En la siguiente tabla, se muestra que los totales de paros programados del equipo Jigger (teñido) son de 96.7 horas por año, sin embargo, generan 563.23 horas de tiempo de espera, equivalente a un índice de 17% de horas de tiempo de espera vs. paros programados, lo cual indica que la relación por 1 hora programada de paro son 6 horas de tiempo de espera o de cola. (Véase tabla 17).

Tabla 16: Relación horas programadas vs horas colas (tiempo de espera)

Máquina	Horas		Índice	Relación	
	Paros programados	Cola		Hora programada	Cola hora
Blanqueadora	863.0	3519.87	25%	1	4
Gasead/Desenco	781.2	3950.75	20%	1	5
Jigger	96.7	563.23	17%	1	6
Lavadora	567.5	2964.50	19%	1	5
Merceriz/secad	3258.1	13188.55	25%	1	4
Pad Steam	55.4	253.32	22%	1	5
Rama Babcock	2139.8	9514.40	22%	1	4
Rama Monforts	1554.0	5831.50	27%	1	4

Elaboración propia

En la tabla 17 se observa que los equipos a excepción del Jigger, la relación de horas programadas contra las horas de tiempo de espera (colas), es de 1:4 y 1:5, demostrando

que la Jigger es la que genera mayores tiempos de espera que cualquier otro equipo en el proceso de teñido.

Para descartar las posibles causas de sobreproducción o cuello de botella por capacidad de maquinaria se procedió identificar las capacidades. Cabe indicar que las unidades de medición se encuentran en minutos (min) y metros (m)

Tabla 17: Capacidades de Máquinas

Maquina	Tiempo de procesamiento (min/m)	Capacidad diaria (m)	Capacidad semanal (m)	Capacidad mensual (m)	Requerimientos mensual (programados + no programados) (m)	Capacidad Anual (m)
Gaseadora	0.020	73,495	514,467	2,204,860	395,423	26,458,320
Blanqueadora	0.028	51,605	361,235	1,548,149	415,194	18,577,790
Lavadora	0.032	44,813	313,690	1,344,386	541,730	16,132,630
Mercerizadora	0.023	62,459	437,210	1,873,757	395,423	22,485,079
Jigger	0.020	71,190	498,327	2,135,686	431,358	25,628,237
Rama Morfort (Secadora)	0.032	45,161	316,130	1,354,843	281,146	16,258,112
Rama Babcock (Secadora)	0.038	37,464	262,248	1,123,919	374,861	13,487,028
Foulard (Teñir)	0.034	42,380	296,659	1,271,397	114,673	15,256,769
Lavadora	0.042	34,462	241,235	1,033,866		12,406,388
Lavadora	0.041	35,495	248,463	1,064,841	650,669	12,778,090
Calandra	0.045	31,789	222,523	953,672	395,423	11,444,059
Sanforizadora	0.037	39,205	274,437	1,176,157	395,423	14,113,889

Elaboración propia

La tabla precedente muestra que el nivel de requerimientos de producción es menor a la capacidad de máquina. Por tanto, se afirma que la sobreproducción no es una causa de los tiempos de espera. Por otra parte, se puede verificar que los tiempos de procesamiento por maquina son similares entre ellos. Los únicos tiempos de mayor procesamiento hacen referencia a la máquina Lavadora y las máquinas Blanqueadora y Jigger.

2.4.2 Reprocesos

Los reprocesos se generan una vez que la inspección o revisión no aprueba, cierta actividad de cada uno de los procesos. A continuación, se muestra que el proceso de teñido genera el 11% de los reprocesos con un promedio de 2.24 días por reprocesos por bobina generando colas en las máquinas.

Tabla 18: Tiempos de reproceso

Fase	Proceso		Tiempo de espera		Tiempo de Reproceso	
	Días	%	Días	%	Días	%
Preparado	4.78	27%	2.75	16%	0.78	4%
Teñido	1.46	8%	4.75	27%	2.24	11%
Acabado	1.73	10%	2.17	12%	0.03	0%
Porcentaje		45%		55%		

Elaboración propia

En la tabla 19 se observa que, el proceso de teñido genera un 27% de tiempos de espera y un 11% de tiempos por reproceso al tener el menor tiempo del proceso en sí de 1.46 días, comparándose con los otros procesos de preparado y acabado.

2.4.3 Paradas programadas

Las paradas programadas por mantenimiento preventivo y otros, sólo equivale al 0.22% anual de las horas disponibles de todos los equipos de los diferentes procesos de producción, como se muestra a continuación:

Tabla 19: Horas programadas vs. Horas disponibles

Descripción	Horas	%
Total paros programados por mantenimientos y limpieza de máquinas por año	9315.64	13.29%
Total horas por año disponibles	70080.00	100.00%

Elaboración propia

En la tabla 20, se toma en consideración todos los equipos en producción para calcular las horas disponibles y por mantenimiento y limpieza de máquinas, se para por un 13.29% equivalente a 9315.64 horas de 70080 horas disponibles de 8 equipos (véase tabla 20)

2.5 Diagnóstico de Causas raíz Cuantitativas

Para poder dar solución al problema identificado se procedió con el primer paso, el cual fue realizar el análisis de causa raíz mediante el uso de un diagrama de Árbol.

El diagrama de árbol que se muestra posteriormente posee tres posibles causas primarias, las cuales tienen diferentes porcentajes de ocurrencia sobre el problema identificado y por último las causas raíz determinada cuantitativamente.

Figura 19: Diagrama de árbol de las posibles causas raíces

Elaboración propia

En la figura 19 se observa que por el nivel de no cumplimiento de entregas a tiempo del 33%, al buscar los porqués, se determinó que son tiempo de espera 26.93%, reprocesos 10.83% y paradas programadas por 13.2%. Al seleccionar los tiempos de espera, se pregunta una segunda vez porqué, y se da la respuesta cuantitativa de colas en máquinas con el 82.54% que las bobinas permanecen en cola en el sistema. Las colas en máquinas se generan por la deficiente programación de producción y el desorden de las bobinas en el proceso, mientras se encuentran en espera para continuar su proceso.

A continuación, se analizarán las dos causas raíz determinadas en la figura 19.

2.5.1 Deficiente programación de producción

Para determinar la deficiente programación de producción que generan las colas o tiempos de espera en las actividades en el proceso de teñido, se ha calculado una muestra representativa de la población de 1518 bobinas para el año 2016, teniendo como resultado una muestra de la población de 252 bobinas, como se muestra a continuación:

Tabla 20: Cálculo del Tamaño de Muestra

Tamaño de Muestra								
p	0.5	$n = \frac{(p * q) * Z^2 * N}{E^2 * (N - 1) + (p * q) * Z^2}$						
q	0.5							
Z	1.96							
N	1518							
E	0.06	Valor de Zα	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24 2,58
n	252	Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97,5% 99%
Leyenda								
N	Número de bobinas							
n	muestra de número de bobinas							
p	probabilidad que los elementos de la muestra sean parecidos a los resultados							
q	probabilidad que los elementos de la muestra no sean parecidos a los resultados							
Z	valor por nivel de confianza							
E	margen de error							

Elaboración propia

Después de haber obtenido la muestra representativa, se recolectaron los tiempos de los 252 procesos de cada una de las bobinas. Véase Anexo 1, en donde se indica cada uno de los 179 pedidos representan 252 procesos. Cada proceso equivale al empleo de una bobina.

Tabla 21: Procesos y pedidos del tamaño de la muestra

Mes	REAL				MUESTRA						
	Retrasado	A tiempo	Total	Bobinas	Retrasados	A tiempo	Total	Metros	En proceso	En cola	Bobinas
Enero	14	41	55	87	2	5	7	21500	8078	13422	11
Febrero	47	69	116	174	2	2	4	13127	4932	8195	6
Marzo	20	67	87	119	3	11	14	34500	12962	21538	19
Abril	22	42	64	98	6	11	17	40751	15311	25440	26
Mayo	33	65	98	98	4	9	13	16000	6011	9989	13
Junio	20	55	75	84	5	12	17	23800	8942	14858	19
Julio	11	48	59	69	4	15	19	31872	11975	19897	22
Agosto	36	56	92	121	6	10	16	28732	10795	17937	21
Setiembre	11	45	56	56	5	18	23	40814	15335	25479	23
Octubre	47	55	102	179	6	6	12	35222	13234	21988	21
Noviembre	28	70	98	172	5	11	16	59770	22457	37313	28
Diciembre	53	74	127	261	9	12	21	85270	32037	53233	43
	342	687	1029	1518	57	122	179	431358			252

Elaboración propia

Los 179 pedidos es la suma de los despachos con demora y a tiempo, representan 252 bobinas. La máquina que se utiliza para el teñido se llama Jigger (véase tabla 17) y tiene una capacidad de 2850 metros por bobina, como se muestra a continuación:

Figura 20: Capacidad de Jigger para la muestra

Fuente: El proveedor

Los tiempos de las 252 observaciones de la muestra se encuentran en el anexo 1. Estos datos, indican que el proceso se encuentra fuera de control estadístico ya que se han calculado 48 observaciones que se encuentran por encima del LCS y 45 por debajo del LCI, al haberse calculado la desviación estándar de 0.90295 días, el promedio de 5.83 días, el Límite control superior es 6.93 días y el límite de control inferior es 4.92 días para el proceso por completo, como se muestra a continuación:

Figura 21: Diagrama de control del proceso de teñido

Elaboración propia

Como se ha establecido que el proceso de teñido se encuentra fuera de control estadístico, se debe determinar el sistema del cual es parte la máquina de teñido. El sistema comprende que esta máquina Jigger (1 servidor) recibe bobinas de 9 diferentes procesos de preparado llamado rutas por la empresa (clientes), los cuales pueden ir a teñido, estampado o dirigirse directamente a acabado, como se muestra a continuación. Los clientes proveen los metros para el proceso de teñido de 431,538 metros, para luego proseguir con el proceso de acabado:

Figura 22: Sistema del proceso de teñido

Elaboración propia

Una vez que se ha determinado que el proceso de teñido genera los cuellos de botella y por ende la demora en entrega de los productos, se debe determinar la actividad dentro del proceso de teñido, que genera los cuellos de botella, al determinarse el tiempo de arribo de una bobina, debe esperar dos días para ingresar a la actividad propia de teñido y dos días para la actividad de revisión.

Para determinar los cuellos de botella en el proceso completo de teñido, se ha elaborado un VSM, véase figura 23. Se ha ingresado la cantidad del tamaño de muestra de 252 bobinas, calculándose el pedido diario de 0.69 bobinas/día y el pedido mensual de un promedio de 21 bobinas/mes. El tiempo takt es la división del tiempo disponible de la máquina Jigger entre la demanda de bobinas/día siendo un total de 1.0712 días por bobina. Este valor significa que se procesa 1 bobina cada 1.0712 días. Luego se calcula el tiempo de ciclo o CT de cada actividad y de espera, de acuerdo con el Diagrama de análisis del proceso (DAP), véase tabla 12 de la presente investigación. Si el valor CT de cada actividad es mayor que el Takt, se generan cuellos de botella en la espera para teñido, la actividad de reposo y la espera para revisión

Figura 23: VSM Proceso Actual de Teñido

Elaboración propia

Por lo tanto, al determinarse que, existen tres actividades en el proceso de teñido que generan los cuellos de botella en el proceso mayores a 1.1237 días que acumulándose es mayor que 5.1237 días de tiempo de espera (cuello o cola), se debe analizar la cola del proceso real científicamente por medio del análisis de la teoría de Colas. Para ello se debe obtener la distribución de los metros de los pedidos siendo equivalente al número de las bobinas (Véase Anexo 1), los datos se ingresaron en el componente del programa de Arena (Rockwell Automation) llamado Input Analyzer para determinar que es una distribución exponencial, como se muestra a continuación:

Figura 24: Distribución de pedidos en metros

Elaboración propia

Por lo que para analizar las colas del proceso se ha identificado el modelo M/M/1 de la teoría de colas, en donde debe utilizarse el proceso de Poisson para analizar las colas, y un servidor comprendido por el proceso completo de teñido que incluye el equipo Jigger, para la muestra.

Se ha calculado que cada 7.53 días se demora una bobina en llegar del proceso de preparado al sistema de teñido, y el promedio del servicio para dicha bobina es de 6.21 días, generándose colas o tiempos de espera en el proceso de teñido. Calculándose el ratio de llegada de 0.133 bobinas por día, y ratio de servicio de teñido es de 0.161 bobinas por día, llegan menor cantidad de bobinas por día que las bobinas que son atendidas, por lo que la generación del tiempo de espera se identifica en el proceso de teñido. Al utilizarse los datos de llegada (λ) y salida (μ) se calculan la intensidad de tráfico de 0.825 bobinas/día. Por lo que el número esperado de las bobinas en el sistema es de 4.728 bobinas, y en cola es de 3.903 bobinas y el tiempo de espera esperado en el sistema es de 35.597 días, y los días en cola de 29.383 días. La utilización del servidor de teñido (λ/μ), al 82.5% lo que indica que las bobinas que llegan al sistema esperan en cola y el 17.5% de bobinas no esperan en cola. Si la relación de utilización del servidor es mayor que 1, significa que las bobinas llegan más rápido de lo que se les puede atender, por lo que la línea crecerá sin límite. Si el porcentaje es inferior a 1, la línea alcanzará un cierto estado estacionario en promedio. A continuación, se muestra el análisis de colas del equipo Jigger:

Tabla 23: M/M/1- Modelo de colas del proceso de teñido para el proceso de teñido

Datos		
Por proceso	1 bobina	
Cada	7.53 días	
Servicio	6.21 días	
M/M/1 queue		
Ingreso		
Unidad tiempo	día	
Ratio de llegada (λ)	0.133	bobinas/día
Ratio de servicio de teñido (μ)	0.161	bobinas/día
Salida		
Salidas directas de las entradas		
Tiempo medio entre llegadas	7.528	días
Tiempo medio por servicio	6.214	días
Intensidad de tráfico (λ/μ)	0.825	
Resumen de resultados		
Número esperado de bobinas en el sistema	4.728	bobinas
Número esperado de bobinas en cola	3.903	bobinas
Tiempo de espera esperado en el sistema	35.597	días
Tiempo de espera esperado en cola	29.383	días
Uso del servidor (teñido)	82.5%	

Cliente = bobina (entrada)

Servidor = Proceso de teñido incluye Jigger

Cliente = bobina (salida)

Elaboración propia

A continuación, se muestra primero que la probabilidad de la distribución de un número determinado de bobinas se encuentra en el sistema, por ejemplo, que la probabilidad de tener exactamente 4 bobinas en el sistema es de 0.081, equivalente a decir que el 8.1% del tiempo hay 4 bobinas en el sistema. Por otro lado, 78% de las bobinas permanece más de 2 días en cola, como se muestra a continuación:

Tabla 22: Distribuciones en el sistema y tiempo en cola

Distribución del número en el sistema		Distribución del tiempo en cola	
n (bobinas)	P(n en el sistema)	t (en días)	P(espera > t)
0	0.175	2.000	0.780
1	0.144		
2	0.119		
3	0.098		
4	0.081		
5	0.067		
6	0.055		
7	0.046		
8	0.038		
9	0.031		
10	0.026		
11	0.021		
12	0.017		
13	0.014		
14	0.012		
15	0.010		
16	0.008		
17	0.007		
18	0.006		
19	0.005		
20	0.004		
21	0.003		
22	0.003		

Elaboración propia

Si el valor de t (en días) es igual a 1 día, indica que el 80.3% de las bobinas permanece más de 1 día en cola, como se muestra a continuación:

Tabla 23: Distribución del tiempo en cola para t(en días) ≥ 1 día

Distribución del tiempo en cola	
t (en días)	P(espera > t)
1.000	0.803

Elaboración propia

Si el valor de t (en días) es igual a 10 días, indica que el 62.3% de las bobinas permanece más de 10 días en cola, como se muestra a continuación:

Tabla 24: Distribución del tiempo en cola para t(en días) ≥ 10 días

Distribución del tiempo en cola	
t (en días)	P(espera > t)
10.000	0.623

Elaboración propia

Por lo tanto, el proceso se encuentra desbalanceado, ya que como se ha demostrado, el 82.5% espera en cola de las bobinas que ingresan, del proceso de preparado al de teñido.

2.5.2 Desorden de bobinas en el proceso

En la figura 25 se observa que en el área de espera en el ingreso a teñido, hay porta bobinas que pertenecen a otros procesos y otras actividades de los otros dos procesos que no pertenecen al proceso de teñido, así como el inventario en proceso. Cabe indicar que este último se encuentra representado mediante barras de diferentes colores, debido a que las bobinas de tela son transportadas en una estructura metálica llamada porta bobinas.

Figura 25: Desorden de bobinas en el proceso

Fuente: La empresa

Actualmente, se cuenta con 170 porta bobinas clasificadas por colores. A continuación, se muestra en la tabla 27 la cantidad de porta bobinas clasificadas de acuerdo con un color.

Tabla 25: Clasificación de porta bobinas de tela

Cantidad	Color	Utilidad
4		Recibe la tela luego de que fue revisada por los operarios de Calidad
30		Transportan las bobinas con tela cruda para el ingreso a máquina Gaseadora. O Reciben la tela luego de que fue procesada en la máquina Sanforizadora
4		Reciben la tela luego de que fue procesada en la máquina Gaseadora o Blanqueadora.
13		Reciben la tela luego de que fue procesada en la máquina gaseadora o blanqueadora.
5		Reciben la tela luego de que fue procesada en la máquina Foulard.
114		Reciben la tela en todas las maquinas salvo a la salida de la maquinas gaseadora, Blanqueadora, foulard y Sanforizadora.

Fuente: La empresa

Como se muestra en la tabla precedente las portas bobinas serán los recursos que reciben y transporten la bobina de tela hacia la siguiente operación de acuerdo con lo indicado en la hoja de ruta. Lo correcto es que las porta bobinas trasladen el material cerca o muy próximo a la ubicación donde se encuentra la máquina, estación de reposo o estación de revisado a fin de que el operario visualice la bobina y cargue el material para su operación. Sin embargo, actualmente ello no sucede generando de esa forma que la bobina de tela se encuentre sin movimiento. Por ejemplo, en la figura 26 se observa que las porta bobinas de color verde, luego de la operación reposo deberían de encontrarse cerca de la lavadora; sin embargo, estas se encuentran dispersas por toda la planta. Algunas de las porta bobinas con tela lavada se encuentran cerca de la máquina gaseadora y otras ubicadas entre las máquinas Jigger y sanforizadora. Este desorden en planta no solo causa pérdida de tiempo significativo en el proceso de producción, también genera un peligro, ya que las porta bobinas se colocan en espacios que deberían de estar libres de acuerdo con las normas de seguridad. Finalmente impide el paso normal de los trabajadores y de la mercancía en la planta.

Figura 26: Gráfico: Layout de la planta de producción de teñido de hilos y telas

Fuente: La empresa

2.6 Impacto Económico

2.6.1 Impacto económico de las Penalidades por entregas fuera de tiempo

El impacto económico se mide por un monto fijo del total de la venta que se entrega fuera de tiempo, de acuerdo con el contrato que se ha firmado con un determinado cliente, asciende a S/205,981.16 por 85 bobinas que no se entregan a tiempo de la muestra de 252 bobinas en la máquina Jigger, equivalente al 6.06% de las ventas por teñido de S/3,400,659.00 como se muestra a continuación:

Tabla 26: Penalidades por entrega fuera de tiempo del tamaño de la muestra

2016	Venta			Penalidades por entrega fuera de tiempo		
Mes	Metros	Bobinas	Pedidos	Bobinas	Pedidos	Penalidades
Enero	21500	11	7	3	2	S/ 7,590.96
Febrero	13127	6	4	3	2	S/ 7,252.05
Marzo	34500	19	14	4	3	S/ 10,397.00
Abril	40751	26	17	9	6	S/ 22,404.69
Mayo	16000	13	13	4	4	S/ 10,013.56
Junio	23800	19	17	6	5	S/ 14,602.38
Julio	31872	22	19	5	4	S/ 12,352.25
Agosto	28732	21	16	8	6	S/ 19,836.64
Setiembre	40814	23	23	5	5	S/ 12,380.85
Octubre	35222	21	12	11	6	S/ 25,260.95
Noviembre	59770	28	16	9	5	S/ 20,684.25
Diciembre	85270	43	21	18	9	S/ 43,205.58
Total	431358	252	179	85		S/ 205,981.16
Equivalente a las ventas en %						6.06%
Venta Total						S/ 3,400,659.00

Elaboración propia

Las penalidades por la entrega fuera a tiempo del subproducto de teñido son de S/205,981.16 equivalente al 6.06% de las ventas de esta sección y del total de las ventas de S/244,299,546 de la empresa es equivalente al 0.08%.

2.6.2 Impacto Económico por Retrasos en el Proceso de Teñido del Equipo Jigger

El costo de mano de obra por el tiempo de espera en el proceso se calcula al restar el tiempo total de cada uno de los procesos completos de la muestra de 252 observaciones menos el límite de control superior, ya que no existe un límite o indicador o estándar mundial que lo regularice. Se toma el LCS como el objetivo de la empresa, y todos los tiempos mayores a éste se consideran como tiempo de espera lo que genera los retrasos.

De la base de datos, de la cual se muestra un extracto a continuación, se calculan las estadísticas de Promedio, desviación estándar y los límites de control superior (LCL) e inferior (LCI).

Tabla 27: Extracto de Tiempos de la muestra del proceso de teñido del equipo Jigger

Tiempos por procesos de bobina													
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	247	248	249	250	251	252
Bobina de tela en espera de teñido	1.60	1.27	1.43	2.67	1.98	2.79	2.78	1.01	0.73	0.86	0.82	3.41	2.09
Teñido	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
traslado de bobina para reposo	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Reposo	1.35	0.95	1.31	1.11	1.34	0.94	1.16	0.92	1.16	1.30	1.00	1.05	0.95
Rollo de tela en espera de lavado teñido	0.30	0.29	0.27	0.32	0.25	0.26	0.36	0.30	0.24	0.23	0.27	0.20	0.22
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Lavado teñido	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.08
Traslado de rollo de tela para secado	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Rollo de tela en espera de de secado	0.27	0.55	0.41	0.57	0.40	0.73	0.58	0.61	0.30	0.69	0.53	0.51	0.85
Secado	0.13	0.06	0.05	0.10	0.03	0.07	0.06	0.11	0.13	0.10	0.05	0.11	0.14
Traslado de bobina para su revisión	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Bobina en espera para su revisión	1.63	1.25	1.74	2.03	0.58	2.37	1.42	1.23	2.61	2.27	2.17	2.66	0.46
Revisión de tela teñida	0.10	0.10	0.06	0.03	0.08	0.04	0.06	0.11	0.04	0.04	0.10	0.08	0.06
Traslado de bobina para impregnado	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Total por proceso	5.55	4.66	5.45	7.01	4.84	7.38	6.58	4.46	5.38	5.66	5.10	8.21	4.95

Elaboración propia

De los datos obtenidos de la empresa para la muestra de 252 bobinas equivalentes a 252 procesos completos, se han calculado las estadísticas y el Límite de control superior (LCS o UCL por sus siglas en inglés Upper control limit) el cual es de 7.43 días, lo que indica para la empresa que los procesos que sobrepasen este valor son pérdidas para la empresa en cuanto a mano de obra y hora máquina (Jigger).

Tabla 28: Cálculo del Límite Superior del Proceso

Promedio	6.21
Desv Std	1.22
UCL	7.43
LCL	5.00

Elaboración propia

A continuación, se calcula los tiempos de espera, al programar en Excel la condición:

Sí

$$T_{\text{total}} > \text{UCL}$$

Entonces

$$T_{\text{espera}} = T_{\text{total}} - \text{UCL}$$

De lo contrario

$$T_{\text{espera}} = 0$$

Como se muestra a continuación:

Tabla 29: Cálculo del tiempo de espera en el proceso de teñido del equipo Jigger

SUM		=IF(O41>O\$45;O41-O\$45;0)														
	J	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	JA	JB	JC	JD	JE	JF
34	Traslado de rollo de tela para secado	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
35	Rollo de tela en espera de de secado	0.50	0.27	0.55	0.41	0.57	0.40	0.73	0.58	0.61	0.30	0.69	0.53	0.51	0.85	
36	Secado	0.09	0.13	0.06	0.05	0.10	0.03	0.07	0.06	0.11	0.13	0.10	0.05	0.11	0.14	
37	Traslado de bobina para su revisión	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
38	Bobina en espera para su revisión	2.00	1.63	1.25	1.74	2.03	0.58	2.37	1.42	1.23	2.61	2.27	2.17	2.66	0.46	
39	Revisión de tela teñida	0.07	0.10	0.10	0.06	0.03	0.08	0.04	0.06	0.11	0.04	0.04	0.10	0.08	0.06	
40	Traslado de bobina para impregnado	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
41	Total por proceso	6.21	5.55	4.66	5.45	7.01	4.84	7.38	6.58	4.46	5.38	5.66	5.10	8.21	4.95	
42																
43	Promedio	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21
44	Desv Std	1.22														
45	UCL	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43
46	LCL	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
47																
48		43														
49	Procesos con demoras	37														
50	Total de procesos	252														
51																
52	Tiempos por procesos de bobina															
53	Actividad		1	2	3	4	5	6	7	247	248	249	250	251	252	
54	Retrasos vs. UCL en días	27.43411735	45;0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.776	0	
55	Total horas	658.4188163														

Elaboración propia

El total de los días de retraso o tiempo de espera es de 27.43 días, equivalente a 658.42 horas, tres turnos por día, con un total de 44 operarios en el equipo de Jigger, dichos operarios tiene un sueldo promedio de S/2,500 por operario por mes, equivalente a S/12.50 por hora por operario, y el costo de la hora máquina de acuerdo con la empresa textil es de S/54.00 por lo que el impacto económico al exceder el tiempo del proceso es de S/397,684.97 equivalente al 11.69% del total de las ventas de subproductos

Tabla 30: Impacto económico por retrasos en el proceso de teñido del equipo Jigger

Tiempos por procesos de bobina	
Actividad	
Retrasos vs. UCL en días	27.43411735
Total horas	658.4188163
Operarios en proceso de teñido máquina jigger	44
Promedio sueldo	S/ 2,500.00
Costo HH	S/ 12.50
Costo HM (jigger)	S/ 54.00
Impacto económico	S/ 397,684.97
Equivalente a	11.69%
Ventas de	S/ 3,400,659.00

Elaboración propia

Este total de impacto económico de S/397,684.97 también equivale al 0.16% de las ventas totales de la empresa de S/244, 299,546.00.

2.6.3 Impacto Económico Total

El impacto total por la demora en las entregas debido a los retrasos en el proceso de teñido del equipo Jigger es de S/603,666.13

Tabla 31: Impacto económico total

TOTAL Impacto Económico	
Penalizaciones	S/ 205,981.16
Tiempo de espera	S/ 397,684.97
Total	S/ 603,666.13

Elaboración propia

2.7 Variables dependientes e independientes

La función que abarca las variables dependientes e independientes es $f(x) = y$.

En donde y, son las variables independientes y x son las variables dependientes. Se asume que la variable dependiente es la propuesta de mejora del proceso de teñido de telas en una empresa textil y las variables independientes, se muestran como parte de cada uno de los cálculos de las diferentes herramientas que se utilizarán en la propuesta de mejora, como tiempo, identificación de equipo, pérdidas por penalidades.

Tabla 32: Variables independientes y dependientes

Objetivos	Variables f(X) = Y	Medición	Indicadores
Objetivo General	Independientes (Y)	Unidades	
Elaborar una propuesta de mejora del proceso de teñido de telas en una empresa textil	Mejora del proceso de teñido (Y)		
Objetivos Específicos	Dependientes (X)	Unidades	
Definir el proceso actual y definir tiempos de espera	Tiempo (X1) Equipo (X2)	Hora Hombre Hora máquina	Productividad Nivel de cumplimiento
Medir y recolectar los datos requeridos para el estudio	Tiempo (X1) Equipo (X2)	Hora Hombre Hora máquina	Productividad Nivel de cumplimiento
Analizar proceso actual	Tiempo (X1) Equipo (X2) Penalizaciones (X3)	Hora Hombre Hora máquina Soles	Productividad Nivel de cumplimiento Costos por depilfarros (penalizaciones) Ciclo de proceso
Mejorar el proceso aplicando e implementando las herramientas para reducir o eliminar las demoras en las entregas	Tiempo (X1) Equipo (X2) Penalizaciones (X3) Inversión (X4) Ahorros (X5) Unidades (X6)	Hora Hombre Hora máquina Soles Soles Soles Unidades	Productividad Nivel de cumplimiento Costos por depilfarros (penalizaciones) Ciclo de proceso VAN y TIR Simulación
Controlar la implementación de la propuesta al verificar su factibilidad de implementación	Tiempo (X1) Equipo (X2) Penalizaciones (X3) Inversión (X4) Ahorros (X5) Unidades (X6)	Hora Hombre Hora máquina Soles Soles Soles Unidades	Productividad Nivel de cumplimiento Costos por depilfarros (penalizaciones) Ciclo de proceso VAN y TIR Simulación

Elaboración propia

2.8 Objetivos

2.8.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta de mejora del proceso de teñido de telas en una empresa textil al utilizar las herramientas de Lean y de Ingeniería para incrementar el nivel de cumplimiento de entregas al reducir o eliminar los cuellos de botellas o tiempos de espera logrando un proceso de mejora continua implementando las herramientas VSM y SMED incluyendo la gestión del proceso con la herramienta MRPII.

2.8.2 Objetivos Específicos

- Definir el proceso actual y definir tiempos de espera
- Medir y recolectar los datos requeridos para el estudio
- Analizar proceso actual
- Mejorar el proceso aplicando e implementando las herramientas para reducir o eliminar las demoras en las entregas

- Controlar la implementación de la propuesta al verificar su factibilidad de implementación

2.9 Hipótesis

La mejora del proceso de teñido de telas en una empresa textil se mejora al utilizar las herramientas de Lean y de Ingeniería para incrementar el nivel de cumplimiento de entregas al reducir o eliminar los cuellos de botellas o tiempos de espera logrando un proceso de mejora continua implementando las herramientas VSM y SMED incluyendo la gestión del proceso con la herramienta MRPII.

2.10 Indicadores

Los indicadores que se han calculado en el análisis de la situación actual se recopilan en la siguiente tabla:

Tabla 33: Indicadores

Indicadores	Actual		Objetivo	
	unidades		unidades	
Takt Time	1.07	día/bobina	incrementar	día/bobina
Máx Tiempo registrado del proceso	9.17	días	4.42	días
Promedio de tiempo del proceso	6.21	días	1.46	días
Nivel de cumplimiento	66.76%	porcentaje	95.00%	porcentaje
Tiempo de esperas	4.75	días	0.24	días
Tiempo de proceso sin esperas	1.46	días	disminuir	días
Porcentaje de la distribución de las bobinas en cola	82.5%	porcentaje	reducir	porcentaje

Elaboración propia

El tiempo Takt es de 1.07 días/bobina, sin embargo, este valor debe regularizarse de acuerdo con las paradas programadas, debe incrementar al dato que la empresa toma como paradas de horas por día. Otro indicador es el máximo del tiempo que se utiliza para el servicio de una bobina de 9.17 días y de acuerdo con la empresa debe ser 4.42 días y el promedio es de 6.21 días lo que debería ser 1.46 días de acuerdo con las políticas de la empresa, el nivel de cumplimiento debe lograrse al 95% por lo que el nivel actual de servicio de 66.76% que la empresa entrega los pedidos a tiempo debe incrementarse. Se debe eliminar o reducir al mínimo el tiempo de espera de las bobinas antes de la actividad de teñido, en la propia actividad de reposo y antes de la actividad de revisión asumiendo un nivel de cumplimiento de 95% reduciéndose los tiempos de espera de 4.75 días a 0.24 días, por lo que el tiempo del proceso total también disminuirá si es que se soluciona la

actividad de reposo así como se reducen los tiempos de espera para ingreso al teñido y de revisión, por lo que se debe lograr la reducción del porcentaje actual de colas de las bobinas en el sistema de teñido de 82.5% para que se estabilice el proceso y reduzca las bobinas en cola.

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE MEJORA

En el presente capítulo, se desarrollará la propuesta con el objetivo de reducir tiempos en el propio proceso de teñido para el equipo Jigger, de tal manera que se reduzca la demora en entregas y, por consiguiente, se incremente el nivel de cumplimiento de entregas de bobinas a tiempo. Se supondrá la implementación en el equipo Jigger, y de acuerdo con los resultados de una posible implementación podrá aplicarse a toda la empresa.

3.1 Diseño de la propuesta

El diseño de la propuesta comprende de las herramientas de Lean Manufacturing como implementación de la mejora del proceso, al identificar los despilfarros o desperdicios del proceso de teñido como tiempos de espera, los cuales producen la demora en la entrega de las bobinas a tiempo. Así como se utilizarán herramientas de ingeniería que ayudarán analizar el nuevo proceso estándar y confirmar que se logra el objetivo de reducir tiempos y despilfarros en el proceso logrando incrementar el valor en el proceso, de acuerdo con las diferentes definiciones propias de la Filosofía Lean, como teoría de colas. Todas estas herramientas se enmarcan bajo la herramienta MRPII como gestión del proceso. El diseño de la propuesta se basará en los siguientes trabajos e indicados en el marco teórico.

Tabla 34: Herramientas propuestas

Herramientas	Fuente
Relación de las herramientas Lean (VSM y SMED) como mejora del proceso y MRP II como gestión del proceso	Ocampo, J. R., Hernández-Matías, J. C., & Vizán, A. (2017)
	Goyal, A., & Agrawal, R. (2017)
Implementación de Lean Manufacturing	Godinho Filho, M. (2017).

Elaboración propia

En la tabla se muestra exactamente que para solucionar el problema de la demora en las entregas debido al proceso de teñido de la máquina Jigger se requiere utilizar las herramientas VSM para identificar los cuellos de botella como tiempos de espera tanto para las actividades de teñido como para revisión y en la propia actividad de reposo, para tal motivo se debe mejorar el proceso al utiliza la herramienta SMED, herramienta que al implementarse correctamente, reducirá significativamente el proceso y por ende los

tiempos de espera identificados con la herramienta VSM. Por último, se aplicará la teoría de colas para calcular la reducción de colas en el sistema y poder elaborar el VSM de estado futuro o de la propuesta de mejora. Al implementar nuevamente el VSM se demuestra la reducción de los despilfarros y por ende la reducción de los tiempos del proceso, logrando un Diagrama de Análisis de Procesos que demuestra la mejora del proceso al implementar las herramientas.

3.1.1 Objetivo e impacto económico

Para iniciar el desarrollo de la propuesta, se resumirá el análisis de la situación actual en modo de que se introduzca el problema, el objetivo y el impacto económico que genera directamente dicho problema identificado.

Tabla 35: Relación del problema, objetivo e impacto económico

Problema	Objetivo	Impacto Económico
La mala programación de la producción y desorden de las porta bobinas son las causas raíz del bajo nivel de cumplimiento de los productos del proceso de teñido del equipo Jigger	Solucionar los problemas con herramientas de ingeniería para establecer los tiempos y así establecer los procedimientos estandarizados con herramientas de Lean que aseguren la reducción o eliminación de los tiempos de espera en el sistema y así los costos generados por ellos como las penalidades por el retraso en la entrega y el costo del tiempo de espera	Reducir los tiempos de espera por la mala programación de producción del equipo Jigger y las penalidades que estas generan, generando un impacto económico de S/603,666.13 en el proceso de teñido debido al equipo Jigger

Elaboración propia

El problema es el bajo nivel de cumplimiento de entregas a tiempo de las bobinas que se producen del equipo Jigger, generado por la mala programación de producción y el desorden de las porta bobinas, ubicadas en diferentes lugares de la planta. El objetivo de implementar herramientas Lean es la de mejorar los procesos, VSM para identificar los despilfarros y SMED para la mejora del proceso de teñido del equipo Jigger, implementándose el MRPII para la gestión del proceso. Estos despilfarros, generan un impacto económico total por S/603,666.13 por penalidades al entregar los productos terminados después del tiempo de entrega establecido y por la carga de mano de obra que se generan por los retrasos en el proceso. La mano de obra no necesariamente son horas extras, sino la extensión del trabajo del proceso que toma a los operarios en realizar el mismo proceso por más tiempo.

3.1.2 Propuesta

En la tabla 38 se muestra, el diseño de la propuesta relacionándose con el problema y sus causas:

Tabla 36: Propuesta

Elaboración propia

Al solucionar la causas raíz en la deficiencia de la programación de producción se solucionará el desorden de las bobinas por medio de la optimización del proceso de teñido para el equipo Jigger al utilizar la herramienta SMED, estandarizando el nuevo proceso y se manifiestan los resultados en la elaboración de un DAP del proceso de mejora, un VSM del proceso de mejora y como validación la teoría de Colas para la propuesta de mejora al demostrar que el porcentaje de colas en el sistema se reduce y mayor cantidad de bobinas pasan sin detenerse por tiempos de espera. Por último, se elabora la herramienta MRPII, cuyo objetivo es el planeamiento de la producción de acuerdo con los resultados hallados al implementar la mejora, comparándose entre la situación actual de un posible MRPII sin implementar las herramientas y la propuesta de mejora.

3.2 Desarrollo de la propuesta

La empresa textil bajo estudio requiere la mejora continua del proceso de teñido en la máquina Jigger, de tal forma que se reduzcan o eliminen los tiempos de espera lo que origina la demora en la entrega a tiempo de las bobinas a sus clientes llevando a un nivel de cumplimiento de 67%. En la siguiente tabla, se muestra que el proceso de teñido es el proceso que más genera tiempos de espera y cada bobina llega cada 7.53 días aproximadamente del proceso de preparado.

Tabla 37: Días de procesos

Proceso	Promedio días total	Promedio días actividades	Promedio días Espera	%	% acum
Teñido	6.21	1.46	4.75	49%	49%
Preparado	7.53	4.78	2.75	28%	78%
Acabado	3.90	1.73	2.17	22%	100%
			9.67		

Elaboración propia

En la tabla 39, se observa que el proceso de teñido es de 6.21 días, lo que genera los tiempos de espera cuando las bobinas llegan del proceso de preparado, ya que el tiempo de esta actividad es de 7.53 días y el proceso de acabado se encuentre en espera de las bobinas que salen del sistema de teñido del equipo Jigger para la muestra de 252 bobinas exclusivamente del equipo Jigger. El proceso de teñido genera 4.75 horas de tiempo de espera mientras que las actividades propias de trabajo son sólo de 1.46 horas, la relación

de tiempo de trabajo productivo versus el tiempo de espera es de 1:3, es decir que por cada hora de trabajo en el proceso de teñido genera 3 horas de tiempo de espera.

Para lograr la reducción de las actividades que generan tiempos de espera de acuerdo con el VSM actual se han identificado desperdicios en el área de reposo, el cual es el que genera también el tiempo de espera antes del teñido y revisión, el proceso en sí del teñido de una bobina es de 0.06 días equivalente a 1.44 horas, y una bobina espera para ingresar a este subproceso por 2 días, sin embargo, en el subproceso de reposo, se produce en un tiempo de 1.1237 días (26.97 horas), lo que de acuerdo con las instrucciones de las cámaras de reposo, este procedimiento sólo debe durar de 12 a 18 horas por bobina. Identificándose despilfarros en el proceso, esto origina que la espera para el ingreso de una bobina en el equipo Jigger, espere un aproximado de 2 días. Por último, por la acumulación de la salida del proceso de reposo y el avance rápido de los subprocesos de lavado teñido y secado, originan el tiempo de espera o cola en el subproceso de Revisión. Esto se muestra en el VSM de la situación actual a continuación:

Figura 27: VSM Actual

Por lo tanto, primero se analiza el DAP del subproceso Reposo como se muestra a continuación:

Figura 28: DAP – Subproceso Reposo

DAP		SUBPROCESO DE REPOSO										
Diagrama: N° 1			Hoja N° 1 de 1		RESUMEN							
Objeto: Bobina de tela			Actividad		Pasos	%		Días		%		
			Demora		0	0%		0.0		0%		
Actividad: Reposo		Rutas: P: , T: , A:	Operación		4	80%		0.2		15%		
			Almacenaje		0	0%		0.0		0%		
Método: Actual			Transporte		1	20%		0.9		85%		
Lugar: Planta de teñido de hilos y telas			Inspección		0	0%		0.0		0%		
Compuesto por : Elena Arce			Distancia total (m)		5	100%		1.0		100%		
Descripción		Cantidad	Distancia (m)		Tiempo Estándar (Días)	SIMBOLOGÍA					OBS.

Descargar bobina de camara de reposo		1			2088	0.0743
Colocar en porta bobina, traslado a otra fase y retorno						0.0819
Buscar siguiente bobina		1				0.1292
Cargar bobina en jigger		1	18	176.70833		0.0771
Reposo		1				0.7612
TOTAL			18			1.1237	4	1	0	0	0	

Elaboración propia

Las actividades de carga y descarga de bobinas en el subproceso de Reposo se realizan sólo por dos operarios para cada bobina, es decir, cuando termina el ciclo de reposo para una bobina, los dos operarios descargan (0.0743 días equivalente a 1.7833 horas), el tiempo implica que no existe una forma de alarma que avise a los operarios, ya que llegan sólo cuando se acuerdan o se dan cuenta que el ciclo de reposo terminó. Posteriormente, colocan la bobina en la portabobina para trasladarla a la siguiente fase de lavado de teñido lo cual toma un tiempo de 0.0819 días equivalente a 1.9667 horas, tiempo exorbitante que al analizar este tiempo se detectó que los operarios se encuentran realizando otras actividades, ya que no cuentan con una función definida y rotan por toda la planta realizando labores de apoyon de acuerdo a lo indicado por lossupervisores. La búsqueda de la siguiente bobina en cola, les toma 0.1292 días equivalente a un promedio de 3.1 horas, tiempo que el que la cámara de reposo se encuentra sin actividad, ya que por el desorden de las bobinas, toma tiempo la búsqueda de la siguiente bobina que llega del subproceso de teñido y que se han colocado en espera por otros operarios del subproceso de teñido. Esta actividad se encuentra oculta de los datos de la empresa, ya que consideran la descarga y búsqueda de bobinas como el propio proceso de reposo, por costumbre a un mal proceso. La actividad de Carga de bobina toma 1.85 horas, por la misma causa que los operarios desatienden este proceso por hacer otros trabajos, y dejan el trabajo hasta

que se acuerdan o alguien les avisa, es decir priorizan otras labores en lugar de terminar con estas acciones.

Por otro lado, la sugerencia de la empresa para el tiempo total del subproceso de reposo debe ser de 15 horas, sin embargo, el propio proceso es de un promedio de 0.761 días equivalente a 18.27 horas, lo cual sugiere que las bobinas también permanecen en la propia actividad de reposo más del tiempo sugerido de 15 horas promedio. En los tiempos tomados para la muestra de 252 bobinas, se detectó que el mínimo tiempo de reposo es de 21.38 horas (0.89 días) y el máximo es de 32.40 horas (1.35 días), incluyendo las actividades de carga y descarga y búsqueda de bobinas:

Tabla 38: Datos de Histograma

Bin	Frecuencia	% Acum	Bin	Frecuencia	% Acum
0.891	2	0.79%	0.9522	24	9.52%
0.9216	18	7.94%	Más	24	19.05%
0.9522	24	17.46%	1.2888	22	27.78%
0.9828	15	23.41%	1.1052	20	35.71%
1.0134	14	28.97%	0.9216	18	42.86%
1.044	13	34.13%	1.1664	18	50.00%
1.0746	12	38.89%	1.2276	17	56.75%
1.1052	20	46.83%	1.3194	16	63.10%
1.1358	14	52.38%	0.9828	15	69.05%
1.1664	18	59.52%	1.0134	14	74.60%
1.197	11	63.89%	1.1358	14	80.16%
1.2276	17	70.63%	1.044	13	85.32%
1.2582	12	75.40%	1.0746	12	90.08%
1.2888	22	84.13%	1.2582	12	94.84%
1.3194	16	90.48%	1.197	11	99.21%
More	24	100.00%	0.891	2	100.00%
		Días			Horas
Mínimo	0.89	21.38			
Máximo	1.35	32.40			

Elaboración propia

Figura 29: Histograma del subproceso de reposo

Elaboración propia

El histograma indica que hay 24 procesos en un rango de 0.9522 a 0.9828 días y 24 procesos en un rango de 1.3194 a más días (el máximo de 1.35 días).

Por lo tanto, el subproceso de Reposo se muestra a continuación

Figura 30: Subproceso de Reposo Actual

Elaboración propia

En la figura 30, se observa que la actividad sin valor es la búsqueda de la siguiente bobina en cola y en las actividades de descarga y colocación en porta bobina deben reducirse los tiempos, ya que no pueden eliminarse, pero, sí, reducir tiempos.

3.2.1 Optimización del subproceso de reposo en el proceso de teñido

De acuerdo con la herramienta de SMED, el cambio de una herramienta debe ser máximo de 10 minutos por lo que se asumirá que la descarga sea igual a 10 minutos, así como la carga, ya que se debe considerar el peso y la ejecución de estas actividades. Para la implementación de SMED se debe regularizar el proceso de ordenamiento de bobinas en el propio proceso. Una vez organizado el proceso de orden, se implementa SMED.

3.2.1.1 Proceso de Orden de Porta bobinas

La teoría de colas es específicamente el método FIFO (First In – First Out, el primero en ingresar el primero en salir). En la figura, se muestra el ingreso de las porta bobinas de color anaranjado que ingresan al subproceso de teñido e ingresan del proceso de preparado. Se debe capacitar a los operarios que lo posicionen en orden y en el área de espera de las portabobinas cerca de cada máquina, establecer un mecanismo de números para que los operarios, puedan registrar el orden de cada una de las bobinas.

Figura 31: FIFO, ingreso y salida de portabobinas en el proceso de teñido

Recibe de preparado	Teñido			Reposo			Lavado teñido			Secado			Revisión de tela teñida					
	1	C/T día/bobina	0.0690	1	C/T día/bobina	1.1237	1	1	C/T día/bobina	0.0869	1	1	C/T día/bobina	0.0890	1	1	C/T día/bobina	0.0708
	2	NP op	1	2	NP op	1	2	2	NP op	1	2	2	NP op	1	2	2	NP op	1
	3	EN hrs	1	3	EN hrs	1	3	3	EN hrs	1	3	3	EN hrs	1	3	3	EN hrs	1
	4	Bobina	1.00	4	Bobina	1.00	4	4	Bobina	1.00	4	4	Bobina	1.00	4	4	Bobina	1.00

Elaboración propia

Por lo que ocurriría de la siguiente manera:

Figura 32: Orden de Portabobinas en el proceso de Teñido

Teñido		Reposo		Lavado teñido		Secado		Revisión	
17	→	13	→	9	→	5	→	1	
18		14		10		6		2	
19		15		11		7		3	
20		16		12		8		4	

Elaboración propia

En la figura 32, se muestra la forma de colocar las portabobinas en el área correspondiente en orden de acuerdo a su llegada.

El proceso de control del orden de porta bobinas es:

Tabla 39: Control de Orden de Porta bobinas

CONTROL ORDEN DE PORTABOBINAS					
Diagrama: N° 1		Hoja N° 1 de 1			
Objeto: Orden Bobina de tela					
Actividad: Reposo	Rutas:				
	P: , T: , A:				
Método: Actual					
Lugar: Planta de teñido de hilos y telas					
Compuesto por : Elena Arce					
Descripción		Fecha			
			turno 1	turno 2	turno 3
Llegada de portabobina		12/02/2018	X	X	X
Operario: Revisar secuencia numérica		13/02/2018	X		X
Colocar número		14/02/2018	X		
Dejar		15/02/2018	X	X	X
Control		16/02/2018	X	X	X
TOTAL			5	3	4

Elaboración propia

Objetivos:

- Lograr el orden para reducir tiempo en la búsqueda de bobinas
- Capacitación a operarios y concientización del nuevo proceso
- Operarios deben asumir su responsabilidad del trabajo realizado en su área de trabajo para reducir tiempos y así servir más bobinas en el proceso de teñido.

3.2.1.2 SMED

Una vez regularizado el orden de las porta bobinas se debe reducir el tiempo de espera por falta de responsabilidad y el que hacer de otras tareas por parte de los operarios para cumplir con los tiempos de SMED.

SMED exige que el cambio de las bobinas debe ser menor a 10 minutos, sin embargo, para este proceso debemos asumir que serán 10 minutos para la descarga y 10 minutos

para la carga. Estas operaciones fácilmente se realizan en ese tiempo establecido por el mecanismo de la cámara de reposo, que se descarga directamente a la porta bobinas.

Propuesta de Mejora Parte 1

Suposiciones:

SMED

Carga: 10 minutos = 0.007 días

Descarga: 10 minutos = 0.007 días

Operarios: 4

Al implementar SMED, se implementa una alarma, la cual empezará a sonar 5 minutos antes de que termine la bobina en el subproceso de reposo.

Procedimiento

Véase la figura 33 para el procedimiento de manera gráfica.

Alarma

Al sonido de la alarma, los operarios 1 y 2, buscan la portabobina y se preparan al lado de la cámara de reposo para esperar el término del proceso.

Mientras que los operarios realizan esta tarea, los operarios 3 y 4 buscan la siguiente porta bobina en cola, para colocarse cercanos a los operarios 1 y 2 a la espera del término de la descarga.

Descarga

Al término del proceso de reposo, los operarios 1 y 2, abren la máquina para descargar la bobina, mientras tanto los operarios 3 y 4, esperan el mismo tiempo.

Carga

Una vez que los operarios 1 y 2 se retiran, ingresan los operarios 3 y 4 para la carga de la siguiente bobina en cola.

Inicio de Reposo

Se inicia el reposo de la bobina por 15 horas.

Se repite el subproceso para cada una de las bobinas en espera de este subproceso.

Figura 33: Implementación de SMED

Elaboración propia

El procedimiento que se ha mejorado al proponer el uso de la herramienta SMED, se coloca en un DAP para conocimiento de los operarios y jefes, además se publica en cada una de las cámaras de reposo. Se ha reducido el subproceso de reposo de 1.124 días a 0.779, lo que debería ser 0.625 días de acuerdo con el objetivo de la empresa, equivalente a las 15 horas.

Implementación

Por lo tanto, el nuevo DAP del subproceso de Reposo es:

Tabla 40: DAP – Subproceso de Reposo – Mejora 1

DAP		SUBPROCESO DE REPOSO											
Diagrama: N° 1				Hoja N° 1 de 1				RESUMEN					
Objeto: Bobina de tela				Actividad		Pasos	%		Días		%		
				Demora		0	0%		0.0				
Actividad: Reposo		Rutas: P: , T:, A:		Operación		4	100%		0.0				
				Almacenaje		0	0%		0.0				
Método: Actual				Transporte		0	0%		0.8				
Lugar: Planta de teñido de hilos y telas				Inspección		0	0%		0.0				
Compuesto por : Elena Arce				Distancia total (m)		4	0%		0.0				
Descripción			Cantidad	Distancia (m)		Tiempo Estándar (Días)	SIMBOLOGÍA					OBS.

Alarma de preparación			1			0.0035	X						
Descarga de bobonia reposada (Op 1 y 2)			1			0.0069	X						
Cargar bobina a reposar (Op 3 y 4)			1			0.0069	X						
Reposo			1			0.7612	X						
TOTAL				0		0.7786	4	0	0	0	0		

Elaboración propia

En el DAP que se muestra en la tabla 42, se muestra la mejora considerando el mismo tiempo de la propia actividad de reposo de 0.7612 días, reduciendo las actividades de los despilfarros que influenciaban en la generación del tiempo de espera por un total de 0.345 días.

Esta disminución es proporcional a los tiempos de espera en el proceso, es decir si se reduce en el subproceso de reposo, se reduce la misma cantidad en todos los tiempos de espera:

Sí,

$$T_{\text{espera actual}} > T_{\text{reducido SMED}}$$

Entonces,

$$T_{\text{mejora 1}} = T_{\text{actual}} - T_{\text{reducido SMED}}$$

De lo contrario,

$$T_{\text{mejora 1}} = 0$$

Lo que indica que, si el tiempo de espera actual del proceso de teñido es mayor que el tiempo que se ha reducido al implementar SMED en el subproceso de reposo, entonces el tiempo de espera de mejora 1 es la resta de los últimos valores, de lo contrario si el tiempo de espera actual es menor o igual que el tiempo que se ha reducido por SMED, el tiempo de espera de mejora 1 es cero. Estas fórmulas se han traducido en Excel, como se muestra a continuación:

Figura 34: Cálculo de reducción de tiempos de espera en el proceso de teñido por implementar SMED

=IF('DAP detallado actual (2)'!I32>S38;'DAP detallado actual (2)'!I32-S38;0)														
DAP		PROCESO DE TEÑIDO												
Diagrama: N° 2		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN										
Objeto: Bobina de tela		Actividad		Pasos	%	Días	%							
		Demora		D	11	25%	9.2	58%						
Actividad: Preparar (P) , teñir (T) y acabar tela (A)		Rutas: P: , T: , A:		Operación		O	15	34%	6.3	39%				
				Almacenaje		∇		0%	0.0	0%				
Método: Mejora 1				Transporte		⇒	6	3%	0.3	2%				
Lugar: Planta de teñido de hilos y telas				Inspección		□	2	5%	0.2	1%				
Compuesto por: Elena Arce				Distancia total (m)										
Descripción		Cantidad	Distancia (m)	Tiempo Estándar (Días)	SIMBOLOGÍA						OBS.			
Bobina de tela en espera de teñido		1		1.66	O	⇒	D	□	∇		(5)	3.48 días		
Teñido		1		0.06	X									
traslado de bobina para reposo		1	20	0.01	X	X								
Reposo		1		0.78	X									
Rollo de tela en espera de lavado teñido				0.00	X		X							
Traslado de rollo de tela para lavado teñido		1	18	0.01		X					(6)			
Lavado teñido		1		0.09	X									
Traslado de rollo de tela para secado		1	18	0.01		X								
Rollo de tela en espera de de secado		1		0.16			X							
Secado		1		0.09	X									
Traslado de bobina para su revisión		1	22	0.01			X							
Bobina en espera para su revisión		1		1.66				X			(7)			
Revisión de tela teñida		1		0.07					X					
Traslado de bobina para impregnado		1	36	0.01		X								

Elaboración propia

Por lo que al aplicar las fórmulas en la actividad de bobina de tela en espera de teñido

Sí,

$$T_{\text{actual}} > T_{\text{reducidoSMED}} \Rightarrow 2.00 > 0.342 \text{ días} \Rightarrow \text{Verdadero}$$

Entonces,

$$T_{\text{mejora1}} = 2.00 - 0.342 \text{ días} = 1.6 \text{ días}$$

Para la actividad de Rollo de tela en espera de lavado teñido

Sí,

$$T_{\text{actual}} > T_{\text{reducidoSMED}} \Rightarrow 0.25 > 0.342 \text{ días} \Rightarrow \text{Falso}$$

Entonces,

$$T_{\text{mejora1}} = 0 \text{ días}$$

Eliminándose esta actividad en el proceso de mejora de teñido.

Por consiguiente, se colocarán los nuevos procesos en la cámara de reposo, para el conocimiento y concientización del proceso de los operarios, por lo que es extremadamente importante las capacitaciones a los operarios:

Figura 35: Cámaras de Reposo

Elaboración propia. Fuente: La empresa

Al implementar SMED en el subproceso de Reposo, el tiempo de espera se ha reducido de 4.75 días de tiempo de espera a 3.49 días, reduciendo el tiempo del proceso de teñido de 6.21 días a 4.61 días, reduciéndose 1.27 días equivalentes a 26.62% de variación. Por lo tanto, el nuevo DAP general es como se muestra a continuación:

Tabla 41: DAP – Proceso General de Teñido – Mejora Parte 1

DAP		PROCESO DE TEÑIDO							
Diagrama: N° 2		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN					
Objeto: Bobina de tela		Actividad		Pasos	%	Días	%		
		Demora	□	11	25%	9.2	58%		
Actividad: Preparar (P) , teñir (T) y acabar tela (A)		Operación		○	15	34%	6.3	39%	
		Almacenaje		▽	0	0%	0.0	0%	
Método: Mejora 1		Transporte		⇒	16	36%	0.3	2%	
Lugar: Planta de teñido de hilos y telas		Inspección		□	2	5%	0.2	1%	
Compuesto por : Elena Arce		Distancia total (m)							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo Estándar (Días)	SIMBOLOGÍA					OBS.
				○	⇒	□	▽		
Bobina de tela en espera de Chamuscado/desencolado	1	-	0.55			X			(1)
Chamusc/Desencolado	1	-	0.54	X					
traslado de bobina para reposo	1	9	0.00		X				
Reposo	1	-	1.25	X					
Bobina de tela en espera de blanqueo químico	1	-	0.80			X			(2)
traslado de bobina para blanqueo químico	1	9	0.00		X				
Blanqueo químico	1		0.54	X					
traslado de bobina para reposo	1	6	0.00		X				
Reposo	1		1.25	X					7.53
Traslado de bobina para lavado semiblanco	1	9	0.00		X				
Lavado semiblanco	1		0.56	X					
traslado de bobina para mercerizado	1	25	0.01		X				
Bobina de tela en espera de mercerizado	1		0.45			X			(3)
Mercerizado	1		0.47	X					
Traslado de bobina para secado	1	24	0.01		X				
Bobina de tela en espera de secado	1		0.95			X			(4)
Secado	1		0.14	X					
Traslado de bobina para ser teñido	1	12	0.00		X				
Bobina de tela en espera de teñido	1		1.66			X			(5)
Teñido	1		0.06	X					
traslado de bobina para reposo	1	20	0.01		X				
Reposo	1		0.78	X					
Rollo de tela en espera de lavado teñido			0.00			X			
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	1	18	0.01		X				(6)
Lavado teñido	1		0.09	X					
Traslado de rollo de tela para secado	1	18	0.01		X				
Rollo de tela en espera de de secado	1		0.16			X			
Secado	1		0.09	X					
Traslado de bobina para su revisión	1	22	0.01		X				
Bobina en espera para su revisión	1		1.66			X			
Revisión de tela teñida	1		0.07				X		
Traslado de bobina para impregnado	1	36	0.01		X				
Bobina de tela en espera de impregnado	1		1.00			X			
Impregnado	1		0.07	X					
Traslado de bobina para calandrar	1	10	0.00		X				
Calandrado	1		0.10	X					
Traslado de bobina para sanforizado	1	4	0.00		X				
Sanforizado	1		0.08	X					
Traslado de bobina para revisión	1	26	0.01		X				
Bobina en espera para su revisión	1		2.00			X			(9)
Revisión de tela acabada	1		0.13				X		
traslado de bobina para enrollado/doblado	1	5	0.00		X				3.90
Bobina en espera de enrollado/doblado	1		0.17			X			(10)
Enrollado/Doblado	1		0.33	X					
TOTAL		252	16.03	15	16	11	2	0	

2.75 días

7.53

3.48 días

2.17 días

3.90

Teñido, tiempos se redu días a 3 total de 26%

2.75 días

7.53

3.48 días

Teñido, promedio tiempos de espera: se redujo de 4.75 días a 3.48 días, un total de 1.2 días = 26%

2.17 días

3.90

Elaboración propia

La relación de 1 día operativo por días de retraso es de: 1:3.

Para elaborar el VSM de la propuesta de mejora 1, se debe considerar los paros programados de las bases de datos entregadas por la empresa y no del supuesto que maneja la empresa de los paros programados, ya que se diferencian. El equipo Jigger, muestra un total de paros programados 96.7 horas anuales equivalente a 4.03 días por todo un año, considerándose así para el proceso de teñido completo, ya que los demás equipos se utilizan en un mismo ratio y para las demás máquinas en planta, incluye mantenimientos preventivos y correctivos, limpieza entre otros, como se muestra a continuación:

Tabla 42: Paros programados del equipo Jigger

Máquina	Horas		Índice
	Paros programados	Cola	
Blanqueadora	863.0	3519.87	25%
Gasead/Desenco	781.2	3950.75	20%
Jigger	96.7	563.23	17%
Lavadora	567.5	2964.50	19%
Merceriz/secad	3258.1	13188.55	25%
Pad Steam	55.4	253.32	22%
Rama Babcock	2139.8	9514.40	22%
Rama Monforts	1554.0	5831.50	27%

Elaboración propia

Por lo que, al convertir, 1 día menos los mantenimientos por día de 0.01104 días de parada por mantenimiento en un día. Por lo que el takt time es $0.9 \text{ días} / 0.69 \text{ bobinas} = 1.4477$ días por bobina

Estos resultados, se trasladan al Mapa de Valor – VSM Mejora 1, como se muestra a continuación:

Figura 36: VSM Proceso de Teñido – Mejora Parte 1

Elaboración propia

Al implementar SMED, la actividad de reposo ya no presenta cuello de botella, ya que el valor CT es de 0.7855 días por bobina, menor al tiempo Takt. Sin embargo, a pesar de haber reducido lo que se ha ahorrado en esta actividad, los tiempos de espera antes de las actividades de teñido y revisión, con 1.66 días/bobina, son mayores al valor del tiempo Takt de 1.4324 días por bobina. En la propuesta de Mejora 2, se solucionará este cuello de botella, mientras tanto, simularemos los tiempos nuevos con valores aleatorios en un rango que sea el promedio de los días calculados para determinar el ahorro en esta primera fase, como se muestra a continuación:

Figura 37: Cálculo de tiempos para la propuesta de mejora 1

=RANDBETWEEN(\$D\$3*1000;\$E\$3*1000)/1000											
	A	C	D	E	F	G	H	J	K	L	
Tiempos estimados para la muestra											
Actividad	Días	Min	Máx	1	2	3	4	5	6	7	
Bobina de tela en espera de teñido	1.66	0.553	2.764	2.654	1.087	1.245	0.671	0.753	2.246	2.615	
Teñido	0.06	0.057	0.063	0.062	0.061	0.058	0.059	0.057	0.059	0.062	
traslado de bobina para reposo	0.01	0.002	0.01	0.008	0.003	0.002	0.006	0.006	0.006	0.007	
Reposo	0.78	0.59	0.974	0.925	0.95	0.675	0.705	0.677	0.627	0.592	
Rollo de tela en espera de lavado teñido	0.00			0	0	0	0	0	0	0	
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	0.01	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
Lavado teñido	0.09	0.076	0.098	0.09	0.082	0.088	0.078	0.095	0.077	0.084	
Traslado de rollo de tela para secado	0.01	0.003	0.008	0.007	0.007	0.003	0.005	0.004	0.006	0.005	
Rollo de tela en espera de de secado	0.16	0.11	0.207	0.19	0.142	0.15	0.134	0.136	0.122	0.154	
Secado	0.09	0.034	0.149	0.11	0.137	0.076	0.041	0.088	0.118	0.105	
Traslado de bobina para su revisión	0.01	0.006	0.008	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0.007	
Bobina en espera para su revisión	1.66	0.452	2.865	2.626	1.686	2.157	1.583	0.551	2.793	0.768	
Revisión de tela teñida	0.07	0.02	0.115	0.043	0.079	0.112	0.067	0.048	0.092	0.111	
Traslado de bobina para impregnado	0.01	0.007	0.014	0.012	0.01	0.007	0.012	0.009	0.011	0.008	
	4.60										

Elaboración propia

1. Se han colocado los tiempos calculados al implementar SMED del DAP de la tabla 43
2. Los valores mínimos y máximo de cada una de las actividades dan como resultado valor de (1). Por ejemplo:

$$Promedio act1 = \frac{0.553 + 2.764}{2} = 1.66$$

3. Se utiliza la función de Excel para generar los números aleatorios RANDBETWEEN(min, máx), esta función selecciona un valor dentro del rango del mínimo y máximo establecidos. Cada valor del rango se multiplicó por 1000 y luego el número aleatorio se divide entre 1000, para obtener dicho aleatorio con decimales, de lo contrario la función provee aleatorios de números enteros, a pesar que, los valores mínimos y máximos sean con decimales.
4. Estos valores aleatorios, se fijan al copiarlos sólo como valores, como se muestra a continuación (Véase anexo 3, para los valores que se han supuesto para los 252 procesos de bobinas y véase la tabla sobre el extracto de dichos cálculos).

Tabla 43: Extracto de los tiempos de la propuesta de mejora 1

Tiempos por procesos de bobina																										
Actividad	Días	Cola	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	247	248	249	250	251	252	
Bobina de tela en espera de teñido			1.66	2.65	1.09	1.25	0.67	0.75	2.25	2.62	2.11	1.65	2.48	2.65	2.64	1.74	1.61	1.30	1.48	0.60	1.25	2.76	2.33	1.25	1.03	1.08
Teñido			0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
traslado de bobina para reposo			0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Reposo			0.78	0.93	0.95	0.68	0.71	0.68	0.63	0.59	0.81	0.74	0.70	0.72	0.86	0.64	0.95	0.81	0.64	0.64	0.66	0.71	0.79	0.91	0.64	0.81
Rollo de tela en espera de lavado teñido			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Traslado de rollo de tela para lavado teñido			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Lavado teñido			0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	0.09
Traslado de rollo de tela para secado			0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Rollo de tela en espera de de secado			0.16	0.19	0.14	0.15	0.13	0.14	0.12	0.15	0.11	0.19	0.13	0.19	0.13	0.14	0.21	0.13	0.15	0.11	0.17	0.18	0.13	0.13	0.17	0.12
Secado			0.09	0.11	0.14	0.08	0.04	0.09	0.12	0.11	0.12	0.13	0.06	0.14	0.07	0.07	0.04	0.09	0.12	0.15	0.08	0.10	0.13	0.07	0.10	0.13
Traslado de bobina para su revisión			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Bobina en espera para su revisión			1.66	2.63	1.69	2.16	1.58	0.55	2.79	0.77	0.75	2.09	1.20	1.91	1.54	1.35	2.81	0.52	2.32	2.23	0.60	2.33	1.97	1.94	1.14	2.00
Revisión de tela teñida			0.07	0.04	0.08	0.11	0.07	0.05	0.09	0.11	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.08	0.07	0.07	0.08	0.05	0.10	0.07	0.08	0.10
Traslado de bobina para impregnado			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
			4.60	6.74	4.26	4.59	3.37	2.44	6.17	4.52	4.14	5.05	4.81	5.83	5.48	4.17	5.87	4.95	3.99	3.01	6.30	5.61	4.52	3.34	4.42	

Elaboración propia

Por lo tanto, de acuerdo con los tiempos que se han estimado, el mínimo es de 0.59 días y el máximo de 0.97 días equivalentes a 14.2 y 23.2 horas respectivamente. De lo cual, se demuestra que el rango con mayor frecuencia es de 0.717 y 0.792 con una frecuencia de 21 veces, seguido por el rango de 0.667 con una frecuencia de 19 veces, como se muestra a continuación (véase tabla 46 y figura 38):

Tabla 44: Rangos del Histograma del Subproceso de Reposo – Mejora 1

Bin	Frecuencia	% Acum	Bin	Frecuencia	% Acum
0.592	2	0.79%	0.717	21	8.33%
0.617	18	7.94%	0.792	21	16.67%
0.642	12	12.70%	0.667	19	24.21%
0.667	19	20.24%	0.867	19	31.75%
0.692	13	25.40%	0.892	19	39.29%
0.717	21	33.73%	0.617	18	46.43%
0.742	16	40.08%	0.917	18	53.57%
0.767	15	46.03%	y mayor...	18	60.71%
0.792	21	54.37%	0.742	16	67.06%
0.817	15	60.32%	0.767	15	73.02%
0.842	11	64.68%	0.817	15	78.97%
0.867	19	72.22%	0.942	15	84.92%
0.892	19	79.76%	0.692	13	90.08%
0.917	18	86.90%	0.642	12	94.84%
0.942	15	92.86%	0.842	11	99.21%
y mayor...	18	100.00%	0.592	2	100.00%

	Días	Horas
Mínimo	0.59	14.2
Máximo	0.97	23.2

Elaboración propia

Figura 38: Histograma – Subproceso de Reposo – Mejora 1

Elaboración propia

El histograma muestra la frecuencia del subproceso de Reposo todavía sobrepasa las 15 horas, sin embargo, se considera dentro del 95% de confiabilidad, ya que el 5% de los 4.60 días es de 4.375 y 4.836 días como mínimo y máximo, en el rango aceptable.

Ahorros

Para poder calcular los ahorros se establece el Límite de control superior (UCL) como el objetivo de la empresa que no exceda este proceso total de teñido de 5.5 días, para calcular este valor se ha calculado el promedio de los tiempos de la propuesta de mejora 1 y la desviación estándar o 1 sigma, este valor $UCL = 5.5$ días representa el 81% de confiabilidad y 19% de error:

Tabla 45: Estadísticas para los tiempos de la propuesta de mejora 1

Promedio	4.60
Desv Std	0.96
UCL	5.55
LCL	3.64

Elaboración propia.

Por lo tanto, se calcula el exceso de cada uno de los totales, si es que es superior el UCL, se toma la resta como el exceso al tiempo objetivo, de lo contrario es cero, ya que no excede el objetivo establecido.

Sí:

$$T_{\text{total/bobina}} > T_{UCL}, \text{ entonces}$$

$$T_{\text{exceso}} = T_{\text{total/bobina}} - T_{UCL}$$

De lo contrario

$$T_{\text{exceso}} = 0$$

Como se muestra a continuación:

Figura 39: Cálculo de tiempos de la mejora 1 del subproceso de reposo en exceso al objetivo

.LOOKUP	:	X	✓	Σ	=IF(F41>F\$45;F41-F\$45;0)	
	A	B	C	D	E	F
	Traslado de bobina para su revisión			0.01		0.01
	Bobina en espera para su revisión			1.66		2.63
	Revisión de tela teñida			0.07		0.04
	Traslado de bobina para impregnado			0.01		0.01
				4.60		6.74
	Promedio			4.60		4.60
	Desv Std			0.97		
	UCL			5.55		5.55
	LCL			3.64		3.64
				48		
	Procesos con demoras			43		
	Total de procesos			252		
	Tiempos por procesos de bobina					
	Actividad					1
	Retrasos vs. UCL en días			20.04		=IF(F41>F

Elaboración propia

Por ejemplo, para el primer proceso:

$T_{\text{total/bobina}} > T_{\text{UCL}}$, $\rightarrow 6.74 > 5.55$, verdadero, entonces

$$T_{\text{exceso}} = 6.74 - 5.55 = 1.19$$

Para el segundo proceso:

$T_{\text{total/bobina}} > T_{\text{UCL}}$, $\rightarrow 4.26 > 5.55$, falso, entonces

$$T_{\text{exceso}} = 0$$

Como se muestra a continuación, un extracto de los tiempos en exceso del objetivo establecido como 5.5 horas, siendo el total de 20.04 días equivalentes a un total de 481.029 horas:

Tabla 46: Cálculo de horas en exceso del objetivo por proceso – Mejora 1

Tiempos por procesos de bobina													
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	247	248	249	250	251	252
Retrasos vs. UCL en días	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.75	0.06	0.00	0.00	0.00
Tiempos por procesos de bobina													
Actividad													
Retrasos vs. UCL en días													20.04
Total horas													481.0292039

Elaboración propia

El costo de cada hora de mano de obra es de 44 operarios que comprenden el proceso de teñido, por lo que el promedio de sueldos es de S/2500 y el costo de mano de obra por operario es de S/12.50 el total por hora es la multiplicación de $44 \times S/12.50 = S/550$ por hora por mano de obra.

El costo de hora máquina de Jigger, cámara de reposo, lavado y secado es de S/54 para todas las máquinas y sólo considerando el proceso de teñido. Por lo tanto, el total del Ahorro es de S/107,143.33 generando un impacto económico (pérdidas) de S/441,027.85.

Referente a los ahorros la reducción del costo de horas en exceso del proceso actual y de la propuesta de mejora 1 es igual a $S/.397,684.97 - 290,541.64 = S/107,143.33$. En cuanto a mano de obra, pero en total incluyendo las penalidades el ahorro es la resta del impacto económico actual menos el impacto económico de la mejora 1 = $S/603,666.13 - 441,027.85 = S/162,638.27$, se ha reducido el tiempo de espera de 658 a 481 horas. Como se muestra a continuación:

Tabla 47: Cálculo de ahorros de la propuesta Mejora Parte 1

Descripción	Mejora 1	Actual
Horas en exceso de objetivo	481	658
Operarios en proceso de teñido máquina jigger	44	44
Promedio sueldo	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
Costo HH	S/ 12.50	S/ 12.50
Costo HM (jigger)	S/ 54.00	S/ 54.00
Impacto económico	S/ 290,541.64	S/ 397,684.97
Equivalente a	8.54%	12%
Ventas de	S/ 3,400,659	S/ 3,400,659
	0.12%	0.16%
Ahorro (Versus Proceso Actual)	S/ 107,143.33	
TOTAL Impacto Económico		
Penalidades	S/ 150,486.21	S/ 205,981.16
Tiempo de espera	S/ 290,541.64	S/ 397,684.97
Total	S/ 441,027.85	S/ 603,666.13
Ahorro Total	S/ 162,638.27	

Elaboración propia

Cálculo de Colas

Con los valores que se han calculado, se debe calcular el porcentaje de utilización del servidor en cuanto a colas y tiempo esperado de las bobinas en el sistema y en cola. El tiempo de llegada es el mismo que el tiempo de llegada en el proceso actual, ya que el proceso de preparación no se estudia en esta investigación, siendo de 7.53 días por bobina.

El servicio de cada bobina se redujo de 82.5% a 61.1%, lo que indica que se ha reducido en un 21.5%, como se muestra a continuación:

Tabla 48: Cálculo de colas – Propuesta de Mejora 1

Datos	Mejora 1	Actual	
Por proceso	1	1	bobina
Cada	7.53	7.53	días
Servicio	4.60	6.21	días
M/M/1 queue	Mejora 1	Actual	
Ingreso			
Unidad tiempo	día	día	
Ratio de llegada (λ)	0.133	0.133	bobinas/día
Ratio de servicio de teñido (μ)	0.218	0.161	bobinas/día
Salida			
Salidas directas de las entradas			
Tiempo medio entre llegadas	7.528	7.528	días
Tiempo medio por servicio	4.597	6.214	días
Intensidad de tráfico (λ/μ)	0.611	0.825	
Resumen de resultados			
Número estimado de bobinas en el sistema	1.569	4.728	bobinas
Número estimado de bobinas en cola	0.958	3.903	bobinas
Tiempo de espera estimado en el sistema	11.809	35.597	días
Tiempo de espera estimado en cola	7.211	29.383	días
Uso del servidor (teñido)	61.1%	82.5%	
Variación	21.5%		

Elaboración propia

En la tabla 50, se observa que con la propuesta de mejora 1, al implementar SMED en el subproceso de reposo se ha incrementado el ratio de servicio de teñido de 0.161 bobinas/día a 0.218 bobinas/día, reduciendo la intensidad del tráfico de 0.825 a 0.611. El número espera de bobinas en el sistema se ha reducido del proceso actual de 4.728 bobinas a 1.569 bobinas y por ende, se redujo el número esperado de bobinas en cola de 3.903 a 0.958 bobinas. El uso del servidor indica que el 61.1% de las bobinas todavía ingresará al proceso de teñido con tiempo de espera o cola, lo que se demuestra en el VSM de la figura 36.

Tabla 49: Distribución del número en el sistema y del tiempo en cola de la propuesta de mejora 1

Distribución del número en el sistema		Distribución del tiempo en cola	
n (bobinas)	P(n en el sistema)	t (en días)	P(espera > t)
0	0.389	2.000	0.516
1	0.238		
2	0.145		
3	0.089		
4	0.054		
5	0.033		
6	0.020		
7	0.012		
8	0.008		
9	0.005		
10	0.003		
11	0.002		
12	0.001		
13	0.001		
14	0.000		
15	0.000		
16	0.000		
17	0.000		
18	0.000		
19	0.000		
20	0.000		
21	0.000		
22	0.000		

Elaboración propia

De la tabla 51, se observa que por ejemplo la probabilidad de tener exactamente 4 bobinas en el sistema es de 0.054. Equivalente a decir que el 5.5% del tiempo hay exactamente 4 bobinas en el sistema. Por otro lado, bajo el título de Distribución del tiempo en cola, si el valor de t (en días) es igual a 2 días, indica que el 51.6% de las bobinas permanece más de 2 días en cola.

Si el valor de t (en días) es igual a 1 día, indica que el 56.1% de las bobinas permanece más de 1 día en cola, como se muestra a continuación:

Tabla 50: Distribución del tiempo en cola para $t(\text{en días}) \geq 1$ días

Distribución del tiempo en cola	
t (en días)	$P(\text{espera} > t)$
1.000	0.561

Elaboración propia

Si el valor de t (en días) es igual a 10 días, indica que el 26.2% de las bobinas permanece más de 10 días en cola, como se muestra a continuación:

Tabla 51: Distribución del tiempo en cola para t (en días) ≥ 10 días

Distribución del tiempo en cola	
t (en días)	$P(\text{espera} > t)$
10.000	0.262

Elaboración propia

Al comparar las distribuciones del proceso actual y el proceso de mejora 1, en cuanto a las distribuciones del número de bobinas en el sistema, se muestra que, hay menor cantidad de bobinas en el sistema, por la reducción de los tiempos de espera, es decir que el 8.1% del tiempo hay 4 bobinas en el sistema en el proceso actual, sin embargo en el proceso de la propuesta de mejora 1 es de 5.4%, como se muestra a continuación:

Tabla 52: Comparación de bobinas en el sistema Actual vs. Mejora 1

Mejora 1		Actual
Distribución del número en el sistema		
n (bobinas)	P(n en el sistema)	P(n en el sistema)
0	0.389	0.175
1	0.238	0.144
2	0.145	0.119
3	0.089	0.098
4	0.054	0.081
5	0.033	0.067
6	0.020	0.055
7	0.012	0.046
8	0.008	0.038
9	0.005	0.031
10	0.003	0.026
11	0.002	0.021
12	0.001	0.017
13	0.001	0.014
14	0.000	0.012
15	0.000	0.010
16	0.000	0.008
17	0.000	0.007
18	0.000	0.006
19	0.000	0.005
20	0.000	0.004
21	0.000	0.003
22	0.000	0.003

Elaboración propia

Por lo tanto, el porcentaje de espera disminuye en el tiempo, para el proceso actual, el 78% de las bobinas permanece en cola más de 2 días, pero en el proceso de mejora es del 51.8%, como se muestra a continuación:

Tabla 53: Comparación de distribución del tiempo en cola Actual Vs. Mejora 1

Mejora 1		Actual
Distribución del tiempo en cola		
t (en días)	P(espera > t)	P(espera > t)
2.00	0.516	0.780
1.00	0.561	0.803
10.00	0.262	0.623

Elaboración propia

También en la tabla 55 se muestra que la permanencia mayor que 10 días en cola se reduce significativamente de 62.3% a 26.2% de las bobinas que ingresan al sistema.

Propuesta de Mejora Parte 2

En la primera parte, se redujo el tiempo del subproceso de reposo al implementar SMED, de 6.21 a 4.60 días. Sin embargo, en el VSM se muestra que existen dos cuellos de botella, antes de ingresar el subproceso de teñido y el subproceso de revisión, siendo sus valores de 1.66 días/bobina mayor que el tiempo Takt de 1.4477 días (Véase figura 36).

Para reducir los tiempos de espera de la bobina antes de los subprocesos de teñido y de revisión se debe considerar que una bobina no puede esperar más del tiempo que le sigue, es decir, para el tiempo de espera de la bobina para el subproceso de teñido es de 1.66 días, del DAP de la propuesta de mejora parte 1, sin embargo, la suma de los tiempos de las actividades siguientes desde la actividad de teñido hasta el traslado de la bobina para su revisión es de 1.21 días, por lo que se supone que, la espera de una bobina es imposible que sea 1.66 días si es que se ha implementado SMED y ordenamiento de portabobinas en todo el proceso, por lo que se asumirá que el tiempo de espera será de 1.20 días para el tiempo de espera de una bobina que ingrese al subproceso de teñido.

Para el tiempo de espera de la bobina al subproceso de revisión, también se indica un tiempo de espera de 1.66 días, sin embargo, las actividades siguientes es de un total de 1.08 días, antes de que ingrese al subproceso de impregnado bajo el proceso de acabado. Debido a que el proceso de acabado no se encuentra bajo estudio, se debe suponer que este valor también sea de 1.20 días por el tiempo que le toma las actividades precedentes.

Bobina de tela en espera de teñido	1		1.66	
Teñido	1		0.06	1.20 días
traslado de bobina para reposo	1	20	0.01	
Reposo	1		0.78	
Rollo de tela en espera de lavado teñido			0.00	
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	1	18	0.01	
Lavado teñido	1		0.09	
Traslado de rollo de tela para secado	1	18	0.01	
Rollo de tela en espera de de secado	1		0.16	
Secado	1		0.09	
Traslado de bobina para su revisión	1	22	0.01	1.08 días
Bobina en espera para su revisión	1		1.66	
Revisión de tela teñida	1		0.07	
Traslado de bobina para impregnado	1	36	0.01	
Bobina de tela en espera de impregnado	1		1.00	

Por lo tanto, el algoritmo matemático es como sigue:

Sí,

Sí,

$$T_{\text{actual}} > T_{\text{reducidoSMED}}$$

Entonces,

$$T_{\text{mejora2}} = T_{\text{actual}} - T_{\text{reducidoSMED}}$$

De lo contrario,

$$T_{\text{mejora2}} = 0$$

$T_{\text{mejora2}} > \sum \text{act}_1, \text{act}_2, \dots \text{act}_n$, en donde n = el número de las actividades siguientes (precedentes)

Entonces,

$T_{\text{mejora2}} = \sum \text{act}_1, \text{act}_2, \dots \text{act}_n$, en donde n = el número de las actividades siguientes (precedentes)

De lo contrario,

$$T_{\text{mejora2}} = 0$$

Lo que indica que, si el tiempo de espera actual del subproceso de teñido es mayor que el tiempo que se ha reducido al implementar SMED en el subproceso de reposo, entonces el tiempo de espera de mejora 2 es la resta de los últimos valores, de lo contrario si el tiempo de espera actual es menor o igual que el tiempo que se ha reducido por SMED, el tiempo de espera de mejora 2 es cero, sí el valor que resulta de la primera condición, es mayor a la suma de las actividades siguientes (precedentes en el caso del tiempo de espera

Figura 40: Cálculo de los tiempos de espera para los subprocesos de teñido y revisión

Por lo tanto, el tiempo del proceso de teñido total se redujo de 4.60 días a 3.69 días de la propuesta de mejora parte 1 a parte 2, respectivamente, y los tiempos de retraso de 3.48 días a 2.56 días, respectivamente. Como se muestra en el siguiente DAP:

Tabla 54: DAP – Proceso General de Teñido – Mejora Parte 2

DAP		PROCESO DE TEÑIDO									
Diagrama: N° 1		Hoja N° 1 de 1		RESUMEN							
Objeto: Bobina de tela		Actividad		Pasos	%		Días		%		
		Demora		11	25%		8.3		72%		
Actividad: Preparar (P) , teñir (T) y acabar tela (A)		Operación		15	34%		2.8		24%		
		Almacenaje		0	0%		0.0		0%		
Método: Actual		Transporte		16	36%		0.3		3%		
Lugar: Planta de teñido de hilos y telas		Inspección		2	5%		0.2		2%		
Compuesto por : Elena Arce				Distancia total (m)							
Descripción		Cantidad	Distancia (m)	Tiempo Estándar (Días)	SIMBOLOGÍA					OBS.	
Bobina de tela en espera de Chamuscado/desenconlado		1	-	0.55			X			(1)	
Chamusc/Desenconlado		1	-	0.04	X						
traslado de bobina para reposo		1	9	0.00		X					
Reposo		1	-	0.25	X						
Bobina de tela en espera de blanqueo químico		1	-	0.80			X			(2)	
traslado de bobina para blanqueo químico		1	9	0.00		X					
Blanqueo químico		1	-	0.04	X						
traslado de bobina para reposo		1	6	0.00		X					
Reposo		1	-	0.75	X						
Traslado de bobina para lavado semiblanco		1	9	0.00		X					
Lavado semiblanco		1	-	0.06	X						
traslado de bobina para mercerizado		1	25	0.01		X					
Bobina de tela en espera de mercerizado		1	-	0.45			X			(3)	
Mercerizado		1	-	0.07	X						
Traslado de bobina para secado		1	24	0.01		X					
Bobina de tela en espera de secado		1	-	0.95			X			(4)	
Secado		1	-	0.08	X						
Traslado de bobina para ser teñido		1	12	0.00		X					
Bobina de tela en espera de teñido		1	-	1.20			X			(5)	
Teñido		1	-	0.06	X						
traslado de bobina para reposo		1	20	0.01		X					
Reposo		1	-	0.78	X						
Rollo de tela en espera de lavado teñido			-	0.00			X				
Traslado de rollo de tela para lavado teñido		1	18	0.01		X				(6)	
Lavado teñido		1	-	0.09	X						
Traslado de rollo de tela para secado		1	18	0.01		X					
Rollo de tela en espera de de secado		1	-	0.16			X				
Secado		1	-	0.09	X						
Traslado de bobina para su revisión		1	22	0.01		X					
Bobina en espera para su revisión		1	-	1.20			X			(7)	
Revisión de tela teñida		1	-	0.07				X			
Traslado de bobina para impregnado		1	36	0.01		X					
Bobina de tela en espera de impregnado		1	-	1.00			X			(8)	
Impregnado		1	-	0.07	X						
Traslado de bobina para calandrar		1	10	0.00		X					
Calandrado		1	-	0.10	X						
Traslado de bobina para sanforizado		1	4	0.00		X					
Sanforizado		1	-	0.08	X						
Traslado de bobina para revisión		1	26	0.01		X					
Bobina en espera para su revisión		1	-	2.00			X			(9)	
Revisión de tela acabada		1	-	0.13				X			
traslado de bobina para enrollado/doblado		1	5	0.00		X					
Bobina en espera de enrollado/doblado		1	-	0.17			X			(10)	
Enrollado/Doblado		1	-	0.33	X						
TOTAL			252	11.65	15	16	11	2	0		

2.75 días

4.06

2.56 días

3.69

2.17 días

3.90

Teñido, promedio tiempos de espera: se redujo de 4.75 días a 2.56 días, un total de 2.17 días = 45.66% (actual vs. mejora 2)

Elaboración propia

En la tabla 56, se muestra también que del proceso actual se ha reducido el tiempo de espera de 4.75 días del proceso actual a 2.56 días del proceso de mejora parte 2, por un total de 2.17 días, equivalente a la reducción de 45.66%.

Estos valores, se transfieren a un nuevo VSM (figura 41), en donde se observa que ninguno de los valores a lo largo del proceso de teñido es mayor que el tiempo Takt de 1.4324 días, por lo que se comprueba que no hay cuellos de botella, lo que no indica que hay colas o tiempo de espera.

Figura 41: VSM Proceso de Teñido – Mejora Parte 2

Elaboración propia

Por lo tanto, se simulan los tiempos nuevos con valores aleatorios en un rango que sea el promedio de los días calculados para determinar el ahorro en esta primera fase, como se muestra a continuación:

Figura 42: Cálculo de tiempos para la propuesta de mejora 2

F3

fx

=RANDBETWEEN(\$D\$3*1000;\$E\$3*1000)/1000

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Tiempos estimados para la muestra											
2	Actividad	Días		Min	Máx	1	2	3	4	5	6	7
3	Bobina de tela en espera de teñido	1.20		1.01	1.396	1.383	1.373	1.138	1.098	1.224	1.107	1.308
4	Teñido	0.06		0.057	0.063	0.061	0.063	0.063	0.061	0.059	0.059	0.058
5	traslado de bobina para reposo	0.01		0.002	0.01	0.006	0.006	0.005	0.002	0.005	0.008	0.002
6	Reposo	0.78		0.59	0.974	0.757	0.9	0.928	0.717	0.724	0.87	0.717
7	Rollo de tela en espera de lavado teñido	0.00				0	0	0	0	0	0	0
8	Traslado de rollo de tela para lavado teñido	0.01		0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005
9	Lavado teñido	0.09		0.076	0.098	0.081	0.09	0.093	0.096	0.088	0.097	0.094
10	Traslado de rollo de tela para secado	0.01		0.003	0.008	0.008	0.003	0.003	0.005	0.004	0.006	0.005
11	Rollo de tela en espera de de secado	0.16		0.11	0.207	0.187	0.177	0.135	0.11	0.165	0.113	0.174
12	Secado	0.09		0.034	0.149	0.072	0.107	0.123	0.056	0.121	0.119	0.131
13	Traslado de bobina para su revisión	0.01		0.006	0.008	0.007	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007
14	Bobina en espera para su revisión	1.20		1.12	1.286	1.217	1.167	1.183	1.199	1.222	1.134	1.26
15	Revisión de tela teñida	0.07		0.02	0.115	0.094	0.039	0.051	0.105	0.021	0.053	0.095
16	Traslado de bobina para impregnado	0.01		0.007	0.014	0.012	0.008	0.012	0.007	0.007	0.01	0.008
17		3.69										
18												

Elaboración propia

1. Se han colocado los tiempos de espera calculados del DAP de la tabla 56
2. Los valores mínimos y máximo de cada una de las actividades dan como resultado valor de (1). Por ejemplo:

$$Promedio act1 = \frac{1.01 + 1.396}{2} = 1.20$$

3. Se utiliza la función de Excel para generar los números aleatorios RANDBETWEEN(min, máx), esta función selecciona un valor dentro del rango del mínimo y máximo establecidos. Cada valor del rango se multiplicó por 1000 y luego el número aleatorio se divide entre 1000, para obtener dicho aleatorio con decimales, de lo contrario la función provee aleatorios de números enteros, a pesar de que, los valores mínimos y máximos sean con decimales.
4. Estos valores aleatorios, se fijan al copiarlos sólo como valores, como se muestra a continuación (Véase anexo 4, para los valores que se han supuesto para los 252 procesos de bobinas y véase la tabla sobre el extracto de dichos cálculos).

Tabla 55: Extracto de los tiempos de la propuesta de mejora parte2

Tiempos por procesos de bobina
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	247	248	249	250	251	252		
Bobina de tela en espera de teñido	1.20	1.38	1.37	1.14	1.10	1.22	1.11	1.31	1.14	1.21	1.17	1.08	1.05	1.26	
Teñido	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
traslado de bobina para reposo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	
Reposo	0.78	0.76	0.90	0.93	0.72	0.72	0.87	0.72	0.65	0.75	0.88	0.65	0.64	0.84	
Rollo de tela en espera de lavado teñido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Lavado teñido	0.09	0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.09	
Traslado de rollo de tela para secado	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	
Rollo de tela en espera de de secado	0.16	0.19	0.18	0.14	0.11	0.17	0.11	0.17	0.18	0.18	0.19	0.12	0.16	0.12	
Secado	0.09	0.07	0.11	0.12	0.06	0.12	0.12	0.13	0.07	0.11	0.06	0.10	0.05	0.07	
Traslado de bobina para su revisión	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Bobina en espera para su revisión	1.20	1.22	1.17	1.18	1.20	1.22	1.13	1.26	1.28	1.25	1.27	1.25	1.19	1.27	
Revisión de tela teñida	0.07	0.09	0.04	0.05	0.11	0.02	0.05	0.10	0.10	0.02	0.03	0.05	0.11	0.10	
Traslado de bobina para impregnado	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Total por proceso	3.69	3.89	3.94	3.75	3.47	3.65	3.59	3.86	3.60	3.70	3.78	3.42	3.38	3.83	

Elaboración propia

Ahorros

Para poder calcular los ahorros se establece el Límite de control superior (UCL) como el objetivo de la empresa que no exceda este proceso total de teñido de 3.85 días, para calcular este valor se ha calculado el promedio de los tiempos de la propuesta de mejora 1 y la desviación estándar o 1 sigma, este valor $UCL = 3.85$ días representa el 95% de confiabilidad y 5% de error, con respecto al promedio de 3.68 días del proceso total:

Tabla 56: Estadísticas para los tiempos de la propuesta de mejora 2

Promedio	3.68
Desv Std	0.17
UCL	3.85
LCL	3.52

Elaboración propia.

Por lo tanto, se calcula el exceso de cada uno de los totales, si es que es superior el UCL, se toma la resta como el exceso al tiempo objetivo, de lo contrario es cero, ya que no excede el objetivo establecido.

Sí:

$$T_{\text{total/bobina}} > T_{UCL}, \text{ entonces}$$

$$T_{\text{exceso}} = T_{\text{total/bobina}} - T_{UCL}$$

De lo contrario

$$T_{\text{exceso}} = 0$$

Como se muestra a continuación:

Figura 43: Cálculo de tiempos de la mejora 2 del subproceso de reposo en exceso al objetivo

DOKUP			=IF(F41>F\$45;F41-F\$45;0)		
A			D	F	
Traslado de bobina para su revisión			0.01	0.01	
Bobina en espera para su revisión			1.20	1.22	
Revisión de tela teñida			0.07	0.09	
Traslado de bobina para impregnado			0.01	0.01	
Total por proceso			3.69	3.89	
Promedio			3.68	3.68	
Desv Std			0.17		
UCL			3.85	3.85	
LCL			3.52	3.52	
			43		
Procesos con demoras			35		
Total de procesos			252		
Tiempos por procesos de bobina					
Actividad					1
Retrasos vs. UCL en días			3.42	=IF(F41>F\$45;F41-F\$45;0)	

Elaboración propia

Por ejemplo, para el primer proceso:

$T_{\text{total/bobina}} > T_{\text{UCL}}$, $\rightarrow 3.89 > 3.85$, verdadero, entonces

$T_{\text{exceso}} = 3.89 - 3.85 = 0.04$

Para el tercer proceso:

$T_{\text{total/bobina}} > T_{\text{UCL}}$, $\rightarrow 3.75 > 3.85$, falso, entonces

$T_{\text{exceso}} = 0$

Como se muestra a continuación, un extracto de los tiempos en exceso del objetivo establecido como 3.85 horas, siendo el total de 3.42 días equivalentes a un total de 82.07 horas de tiempo de espera:

Tabla 57: Cálculo de horas en exceso del objetivo por proceso – Mejora 2

Tiempos por procesos de bobina													
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	247	248	249	250	251	252
Retrasos vs. UCL en días	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Retrasos vs. UCL en días	3.42												
Total horas	82.07619												

Elaboración propia

El costo de cada hora de mano de obra es de 44 operarios que comprenden el proceso de teñido, por lo que el promedio de sueldos es de S/2500 y el costo de mano de obra por operario es de S/12.50 el total por hora es la multiplicación de $44 \times S/12.50 = S/550$ por hora por mano de obra.

El costo de hora máquina de Jigger, cámara de reposo, lavado y secado es de S/54 para todas las máquinas y sólo considerando el proceso de teñido. Por lo tanto, el total del Ahorro es de S/348,110.95 generando un impacto económico (pérdidas) de S/75,250.91.

Los ahorros es equivalente a la reducción del costo del tiempo de espera del proceso actual y de la propuesta de mejora 2 = $S/.397,684.97 - 49,574.02 = S/348,110.95$ en cuanto a mano de obra, pero en total incluyendo las penalidades el ahorro es la resta del impacto económico actual menos el impacto económico de la mejora 1 = $S/603,666.13 - 75,250.91 = S/528,415.22$, se ha reducido el tiempo de espera de 658 a 82 horas. Como se muestra a continuación:

Tabla 58: Cálculo de ahorros de la propuesta Mejora Parte 2

Descripción	Mejora 2		Mejora 1		Actual
Horas de exceso (tiempos de espera)		82		481	658
Operarios en proceso de teñido máquina jigger		44		44	44
Promedio sueldo	S/	2,500.00	S/	2,500.00	S/ 2,500.00
Costo HH	S/	12.50	S/	12.50	S/ 12.50
Costo HM (jigger)	S/	54.00	S/	54.00	S/ 54.00
Impacto económico	S/	49,574.02	S/	290,541.64	S/ 397,684.97
Equivalente a		1.46%		8.54%	12%
Ventas de	S/	3,400,659.00	S/	3,400,659.00	S/ 3,400,659.00
		0.02%		0.12%	0.16%
Ahorro mano de obra (Proceso actual - Mejora)	S/	348,110.95	S/	107,143.33	S/ -
TOTAL Impacto Económico					
Penalizaciones	S/	25,676.89	S/	150,486.21	S/ 205,981.16
Tiempo de espera	S/	49,574.02	S/	290,541.64	S/ 397,684.97
Total	S/	75,250.91	S/	441,027.85	S/ 603,666.13
Total de ahorros	S/	528,415.22	S/	162,638.27	S/ -

Elaboración propia

Cálculo de Colas

Con los valores que se han calculado, se debe calcular el porcentaje de utilización del servidor en cuanto a colas y tiempo esperado de las bobinas en el sistema y en cola. El tiempo de llegada es el mismo que el tiempo de llegada en el proceso actual, ya que el proceso de preparación no se estudia en esta investigación, siendo de 7.53 días por bobina. El tiempo de servicio se ha reducido de 6.21 a 3.69 días para los procesos actual y proceso de mejora parte 2, respectivamente.

El servicio de cada bobina se redujo de 82.5% a 49.0%, lo que indica que se ha reducido en un 33.5, como se muestra a continuación:

Tabla 59: Cálculo de colas – Propuesta de Mejora 2

Datos	Mejora 2	Mejora 1	Actual	
Por proceso	1	1	1	bobina
Cada	7.53	7.53	7.53	días
Servicio	3.69	4.60	6.21	días
M/M/1 queue	Mejora 2	Mejora 1	Actual	
Ingreso				
Unidad tiempo	día	día	día	
Ratio de llegada (λ)	0.133	0.133	0.133	bobinas/día
Ratio de servicio de teñido (μ)	0.271	0.218	0.161	bobinas/día
Salida				
Salidas directas de las entradas				
Tiempo medio entre llegadas	7.528	7.528	7.528	días
Tiempo medio por servicio	3.686	4.597	6.214	días
Intensidad de tráfico (λ/μ)	0.490	0.611	0.825	
Resumen de resultados				
Número estimado de bobinas en el sistema	0.959	1.569	4.728	bobinas
Número estimado de bobinas en cola	0.470	0.958	3.903	bobinas
Tiempo de espera estimado en el sistema	7.223	11.809	35.597	días
Tiempo de espera estimado en cola	3.537	7.211	29.383	días
Uso del servidor (teñido)	49.0%	61.1%	82.5%	
Variación	33.6%			

Elaboración propia

En la tabla 61, se observa que con la propuesta de mejora 2, al implementar los tiempos siguientes de espera por actividades se incrementará el ratio de servicio de teñido de 0.161 bobinas/día a 0.271 bobinas/día, reduciendo la intensidad del tráfico de 0.825 a 0.490. El número espera de bobinas en el sistema se ha reducido del proceso actual de 4.728 bobinas a 0.959 bobinas y, por ende, se redujo el número esperado de bobinas en cola de 3.903 a 0.478 bobinas. El uso del servidor indica que el 49.0% de las bobinas todavía ingresará al proceso de teñido con tiempo de espera o cola, pero sin originar cuellos de botella, lo que se demuestra en el VSM de la figura 41.

Tabla 60: Distribución del número en el sistema y del tiempo en cola de la propuesta de mejora 1

Distribución del número en el sistema		Distribución del tiempo en cola	
n (bobinas)	P(n en el sistema)	t (en días)	P(espera > t)
0	0.510	2.000	0.371
1	0.250		
2	0.122		
3	0.060		
4	0.029		
5	0.014		
6	0.007		
7	0.003		
8	0.002		
9	0.001		
10	0.000		
11	0.000		
12	0.000		
13	0.000		
14	0.000		
15	0.000		
16	0.000		
17	0.000		
18	0.000		
19	0.000		
20	0.000		
21	0.000		
22	0.000		

Elaboración propia

De la tabla 62, se observa que por ejemplo la probabilidad de tener exactamente 4 bobinas en el sistema es de 0.029. Equivalente a decir que el 3.3% del tiempo hay exactamente 4 bobinas en el sistema. Por otro lado, bajo el título de Distribución del tiempo en cola, si el valor de t (en días) es igual a 2 días, indica que el 37.1% de las bobinas permanece más de 2 días en cola.

Si el valor de t (en días) es igual a 1 día, indica que el 42.6% de las bobinas permanece más de 1 día en cola, como se muestra a continuación:

Tabla 61: distribución del tiempo en cola para t (en días) ≥ 1 días

Distribución del tiempo en cola	
t (en s)	P(espera > t)
1.000	0.426

Elaboración propia

Si el valor de t (en días) es igual a 10 días, indica que el 12.3% de las bobinas permanece más de 10 días en cola, como se muestra a continuación:

Tabla 62: distribución del tiempo en cola para $t(\text{en días}) \geq 10$ días

Distribución del tiempo en cola	
t (en s)	P(espera > t)
10.000	0.123

Elaboración propia

Al comparar las distribuciones del proceso actual y el proceso de mejora 2, en cuanto a las distribuciones del número de bobinas en el sistema, se muestra que, hay menor cantidad de bobinas en el sistema, por la reducción de los tiempos de espera, es decir que el 8.1% del tiempo hay 4 bobinas en el sistema en el proceso actual, sin embargo, en el proceso de la propuesta de mejora 2 es de 2.9%, como se muestra a continuación:

Tabla 63: Comparación de bobinas en el sistema Actual vs. Mejora 2

	Mejora 2	Mejora 1	Actual
Distribución del número en el sistema			
n (bobinas)	P(n en el sistema)	P(n en el sistema)	P(n en el sistema)
0	0.510	0.389	0.175
1	0.250	0.238	0.144
2	0.122	0.145	0.119
3	0.060	0.089	0.098
4	0.029	0.054	0.081
5	0.014	0.033	0.067
6	0.007	0.020	0.055
7	0.003	0.012	0.046
8	0.002	0.008	0.038
9	0.001	0.005	0.031
10	0.000	0.003	0.026
11	0.000	0.002	0.021
12	0.000	0.001	0.017
13	0.000	0.001	0.014
14	0.000	0.000	0.012
15	0.000	0.000	0.010
16	0.000	0.000	0.008
17	0.000	0.000	0.007
18	0.000	0.000	0.006
19	0.000	0.000	0.005
20	0.000	0.000	0.004
21	0.000	0.000	0.003
22	0.000	0.000	0.003

Elaboración propia

Por lo tanto, el porcentaje de espera disminuye en el tiempo, para el proceso actual, el 78% de las bobinas permanece en cola más de 2 días, pero en el proceso de mejora 2 es del 37.1%, como se muestra a continuación:

Tabla 64: Comparación de distribución del tiempo en cola Actual Vs. Mejora 2

	Mejora 2	Mejora 1	Actual
Distribución del tiempo en cola			
t (en días)	P(espera > t)	P(espera > t)	P(espera > t)
2.000	0.371	0.516	0.780
1.000	0.426	0.561	0.803
10.000	0.123	0.262	0.623

Elaboración propia

También en la tabla 66 se muestra que la permanencia mayor que 10 días en cola se reduce significativamente de 62.3% a 12.3% de las bobinas que ingresan al sistema.

Por lo tanto, para presentar un panorama completo, se ha compilado los resultados en una sola tabla para poder observar la reducción de tiempos al implementar SMED en un solo subproceso de Reposo, así como el ordenamiento de las porta bobinas y el balance de los tiempos de espera, los cuales no pueden ser mayores a las actividades siguientes, como se muestra a continuación:

Tabla 65: Resultados finales

Resultados	Actual	Mejora 1	Mejora 2
Tiempos			
Bobina de tela en espera de teñido	2.00	1.66	1.20
Teñido	0.06	0.06	0.06
traslado de bobina para reposo	0.01	0.01	0.01
Reposo	1.12	0.78	0.78
Rollo de tela en espera de lavado teñido	0.25	0.00	0.00
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	0.01	0.01	0.01
Lavado teñido	0.09	0.09	0.09
Traslado de rollo de tela para secado	0.01	0.01	0.01
Rollo de tela en espera de de secado	0.50	0.16	0.16
Secado	0.09	0.09	0.09
Traslado de bobina para su revisión	0.01	0.01	0.01
Bobina en espera para su revisión	2.00	1.66	1.20
Revisión de tela teñida	0.07	0.07	0.07
Traslado de bobina para impregnado	0.01	0.01	0.01
Total	6.21	4.60	3.69
tiempo de Espera	4.75	3.48	2.56
Tiempo de actividades	1.46	1.12	1.12
COLAS			
Número de bobinas en el sistema	4.73	1.57	0.96
Número de bobinas en cola	3.90	0.96	0.47
Tiempo de espera en el sistema	35.60	11.81	7.22
Tiempo de espera en cola	29.38	7.21	3.54
Uso del servidor (teñido)	82.54%	61.07%	48.97%
Ahorros			
Mano de obra	S/ -	S/ 107,143.33	S/ 348,110.95
Penalidades	S/ -	S/ 55,494.95	S/ 180,304.27
Impacto Económico			
Pérdidas	S/ 603,666.13	S/ 441,027.85	S/ 75,250.91

Elaboración propia

Indicadores de la Propuesta de Mejora

Lo que el estudio concluye con los siguientes indicadores, cumpliéndose en todos menos la reducción de tiempos de espera, el objetivo de la empresa es de 0.24 días, sin embargo, se redujo a 2.56 días y el nivel de cumplimiento se incrementó de 66.76% a 94.05% y no al 95% que la empresa sugiere.

Tabla 66: Indicadores de la Propuesta de Mejora

Indicadores	Actual	Objetivo		Mejora	
	unidades		unidades		unidades
Takt Time	1.07 día/bobina	↑	día/bobina		1.45 día/bobina
Máx Tiempo registrado del proceso	9.17 días		4.42 días		4.07 días
Promedio de tiempo del proceso	6.21 días		1.46 días		3.69 días
Nivel de cumplimiento	66.76% porcentaje		95.00% porcentaje		94.84% porcentaje
Tiempo de esperas	4.75 días		0.24 días		2.56 días
Tiempo de proceso sin esperas	1.46 días	↓	días		1.12 días
Porcentaje de bobinas en el sistema en cola	82.54% porcentaje	↓	porcentaje		48.97% porcentaje

Elaboración propia

Al concluir, la parte de la propuesta de mejora y los cálculos de ahorros y demostración de reducción de colas por las mejoras propuestas, se engloba en el planeamiento de producción, con la metodología MRPII.

3.2.3 MRP II

Para construir el planeamiento de producción, se debe tomar en cuenta los cálculos que se realizaron en el acápite anterior. A continuación, se explicará paso a paso de ello. Para analizar el MRP II de la mejora debe confeccionarse primero, el MRPII de los datos del proceso actual:

1. Primero se coloca, los días de cada mes y el mes además de la demanda mensual, la cual se asume del año 2017, como la que se proseguirá con la misma demanda.

Figura 44: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 1

	A	B	C	D	E
1	Planeación				
2	2017		Programación de producción mensual		Demanda mensual
3					
4	Días	Mes	Bobinas	Días	Bobinas
5	31	Ene			11
6	28	Feb			6
7	31	Mar			19
8	30	Abr			26
9	31	May			13
10	30	Jun			19
11	31	Jul			22
12	31	Ago			21
13	30	Sept			23
14	31	Oct			21
15	30	Nov			28
16	31	Dic			43
17		TOTAL			

Elaboración propia

2. Luego se calcula los días de producción para la demanda, es decir para el mes de enero la demanda es de 11 bobinas x 6.21 días/bobina = 68 días y la capacidad diaria de bobinas en la máquina Jigger = 4 procesos/día y la capacidad mensual al multiplicar la capacidad mensual por los días de cada mes.

Figura 45: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 2

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Planeación de Recursos de Producción							
2	2017		Programación de producción mensual		Demanda mensual			
3								
4	Días	Mes	Bobinas	Días	Bobinas	Días	Capacidad diario (n=252)	Capacidad mensual (n=252)
5	31	Ene			11	68	4	124
6	28	Feb			6	37	4	112
7	31	Mar			19	118	4	124
8	30	Abr			26	161	4	120
9	31	May			13	81	4	124
10	30	Jun			19	118	4	120
11	31	Jul			22	137	4	124
12	31	Ago			21	130	4	124
13	30	Sept			23	143	4	120
14	31	Oct			21	130	4	124
15	30	Nov			28	174	4	120
16	31	Dic			43	267	4	124

Elaboración propia

3. Se supone que el sistema ya se encuentra ocupado por el cálculo de colas en el proceso actual de 82.5% de utilización del servidor (proceso de teñido completo), por lo que del total de 124 bobinas que puede servir el proceso de teñido del equipo Jigger, el 82.5% de ellas es 102 bobinas ya se encuentran en el sistema para el mes de enero y existe la disponibilidad para teñir 22 bobinas. Por lo que existe las horas disponibles

es de 22 bobinas por 6.21 horas del proceso actual de teñido completo = 137 horas, como se muestra a continuación:

Figura 46: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 3

SUM											
=ROUND(H5*"Modelo MM1 actual"!\$B\$26;0)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Planeación de Recursos de Producción del Proceso de Teñido para el equipo J										
2	2017		Programación de producción mensual		Demanda mensual			Bobinas			Horas
3							Capacidad diario (n=252)	Capacidad mensual (n=252)	Sistema ocupado	Sistema Disponible	Sistema Disponible
4	Días	Mes	Bobinas	Días	Bobinas	Días					
5	31	Ene			11	68	4	124	=ROUND(H	22	137
6	28	Feb			6	37	4	112	92	20	124
7	31	Mar			19	118	4	124	102	22	137
8	30	Abr			26	161	4	120	99	21	130
9	31	May			13	81	4	124	102	22	137
10	30	Jun			19	118	4	120	99	21	130
11	31	Jul			22	137	4	124	102	22	137
12	31	Ago			21	130	4	124	102	22	137
13	30	Sept			23	143	4	120	99	21	130
14	31	Oct			21	130	4	124	102	22	137
15	30	Nov			28	174	4	120	99	21	130
16	31	Dic			43	267	4	124	102	22	137

Elaboración propia

- Se calcula las bobinas en espera, al ingresar la programación de producción designada para ese mes, si es que excede o no la capacidad del equipo Jigger, y se condiciona a lo siguiente:

Sí

$\text{Producción}_{\text{inicial}} > \text{Producción}_{\text{disponible}}$

Entonces

$\text{Bobinas}_{\text{espera}} = \text{Producción}_{\text{inicial}} - \text{Producción}_{\text{disponible}}$

De lo contrario

$\text{Bobinas}_{\text{espera}} = 0$

Para el mes de enero, la demanda adicional a la producción ya programada no excede la capacidad del equipo por lo que las bobinas en espera son igual a cero, como se muestra a continuación:

Figura 47: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 4

SUM											
=IF(C5>J5;C5-J5;0)											
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	Planeación de Recursos de Producción del Proceso de Teñido para el equipo Jigger - Actua										
3	2017		Programación de producción mensual		Demanda mensual		Capacidad		Bobinas		Horas
4	Días	Mes	Bobinas	Días	Bobinas	Días	Capacidad diario (n=252)	Capacidad mensual (n=252)	Sistema ocupado	Sistema Disponible	Sistema Disponible
5	31	Ene	11	68	11	68	4	124	102	22	137
6	28	Feb			6	37	4	112	92	20	124
7	31	Mar			19	118	4	124	102	22	137
8	30	Abr			26	161	4	120	99	21	130
9	31	May			13	81	4	124	102	22	137
10	30	Jun			19	118	4	120	99	21	130
11	31	Jul			22	137	4	124	102	22	137
12	31	Ago			21	130	4	124	102	22	137
13	30	Sept			23	143	4	120	99	21	130
14	31	Oct			21	130	4	124	102	22	137
15	30	Nov			28	174	4	120	99	21	130
16	31	Dic			43	267	4	124	102	22	137
17	TOTAL										

Elaboración propia

- Se debe calcular el tiempo de espera, bobinas en espera x promedio de tiempo del proceso actual = 0 x 6.21 días = 0 días, se programa la alerta que debe programarse para el siguiente mes, ya que excedió la capacidad, de acuerdo con la siguiente condición:

Sí,

Tiempo espera > 0,

Entonces,

Alerta = Programación de producción para el siguiente mes

De lo contrario,

Alerta = -

Y las bobinas programadas para el siguiente mes son iguales a las bobinas en espera, como se muestra a continuación:

Figura 48: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 5

SUM		=IF(M5>0;"prog prox mes";"n")														
Planeación de Recursos de Producción del Proceso de Teñido para el equipo Jigger - Actual																
2017		Programación de producción mensual			Demanda mensual				Bobinas			Horas				
							Capacidad diario (n=252)	Capacidad mensual (n=252)	Sistema ocupado	Sistema Disponible	Sistema Disponible	Bobinas en espera	Tiempo de espera (días)	Alerta		Bobinas programadas para el próximo mes
	Días	Mes	Bobinas	Días	Bobinas	Días										
	31 Ene		11	68	11	68	4	124	102	22	137	0	0	=IF(M5>0;"prog prox mes";"n")		0
	28 Feb				6	37	4	112	92	20	124					
	31 Mar				19	118	4	124	102	22	137					
	30 Abr				26	161	4	120	99	21	130					
	31 May				13	81	4	124	102	22	137					
	30 Jun				19	118	4	120	99	21	130					
	31 Jul				22	137	4	124	102	22	137					
	31 Ago				21	130	4	124	102	22	137					
	30 Sept				23	143	4	120	99	21	130					
	31 Oct				21	130	4	124	102	22	137					
	30 Nov				28	174	4	120	99	21	130					
	31 Dic				43	267	4	124	102	22	137					
	TOTAL															

Elaboración propia

- Para finalizar, la primera columna de programación se suma, la demanda de bobinas más las bobinas que se han dejado para el siguiente mes, para el mes de febrero es $6 + 0 = 6$

Figura 49: Elaboración de MRPII Proceso actual- Paso 6

SUM															=E6+O5	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
Planeación de Recursos de Producción del Proceso de Teñido para el equipo Jigger - Actual																
2017		Programación de producción mensual		Demanda mensual			Capacidad diario (n=252)		Capacidad mensual (n=252)		Bobinas		Horas			
													Tiempo de espera (días)		Alerta	
															Bobinas programadas para el próximo mes	
Días	Mes	Bobinas	Días	Bobinas	Días	Bobinas	Capacidad diario (n=252)	Capacidad mensual (n=252)	Sistema ocupado	Sistema Disponible	Sistema Disponible	Bobinas en espera				
31	Ene	11	68	11	68	4	124	102	22	137	0	0	-			0
28	Feb	=E6+O5		6	37	4	112	92	20	124						
31	Mar			19	118	4	124	102	22	137						
30	Abr			26	161	4	120	99	21	130						
31	May			13	81	4	124	102	22	137						
30	Jun			19	118	4	120	99	21	130						

Elaboración propia

- Por lo tanto, la elaboración de la programación completa del proceso actual es como se muestra a continuación

Figura 50: Elaboración de MRPII Proceso actual – Paso 7

2017		Programación de producción mensual			Demanda mensual				Bobinas		Horas							
Días	Mes	Bobinas	Días	Bobinas	Días	Capacidad diario (n=252)	Capacidad mensual (n=252)	Sistema ocupado	Sistema Disponible	Sistema Disponible	Bobinas en espera	Tiempo de espera (días)	Alerta	Bobinas programadas para el próximo mes				
31	Ene	11	68	11	68	4	124	102	22	137	0	0	-	0				
28	Feb	6	37	6	37	4	112	92	20	124	0	0	-	0				
31	Mar	19	118	19	118	4	124	102	22	137	0	0	-	0				
30	Abr	26	161	26	161	4	120	99	21	130	5	31	prog prox mes	5				
31	May	18	112	13	81	4	124	102	22	137	0	0	-	0				
30	Jun	19	118	19	118	4	120	99	21	130	0	0	-	0				
31	Jul	22	137	22	137	4	124	102	22	137	0	0	-	0				
31	Ago	21	130	21	130	4	124	102	22	137	0	0	-	0				
30	Sept	23	143	23	143	4	120	99	21	130	2	12	prog prox mes	2				
31	Oct	23	143	21	130	4	124	102	22	137	1	6	prog prox mes	1				
30	Nov	29	180	28	174	4	120	99	21	130	8	50	prog prox mes	8				
31	Dic	51	317	43	267	4	124	102	22	137	29	180	prog prox mes	29				
TOTAL											45	279						

Elaboración propia

Al elaborar la programación del proceso actual, se calculó que 45 bobinas pasaron para la programación del siguiente mes, durante el año, ya que excedía la capacidad mensual del equipo.

8. Bajo el mismo proceso de (1) a (7), se elabora para el proceso mejorado, al considerar la utilización del servidor que se halló en el cálculo de colas de la propuesta de mejora parte 2 de 48.97%. Se demuestra que no existe cuellos de botella, ya que no se programa bobinas para el próximo mes, como se observa en la siguiente tabla de comparación entre el MRPII del proceso actual y del proceso de mejora:

Tabla 67: Comparación MRPII – Proceso Actual vs. Mejora

Planeación de Recursos de Producción del Proceso de Teñido para el equipo Jigger - Actual													
2017		Programación de producción mensual			Demanda mensual			Bobinas			Horas		
Días	Mes	Bobinas	Días	Bobinas	Días	Capacidad diario (n=252)	Capacidad mensual (n=252)	Sistema ocupado	Sistema Disponible	Sistema Disponible	Bobinas en espera	Tiempo de espera (días)	Alerta
31	Ene	11	68	11	68	4	124	102	22	137	0	0	-
28	Feb	6	37	6	37	4	112	92	20	124	0	0	-
31	Mar	19	118	19	118	4	124	102	22	137	0	0	-
30	Abr	26	161	26	161	4	120	99	21	130	5	31	prog prox mes
31	May	18	112	13	81	4	124	102	22	137	0	0	-
30	Jun	19	118	19	118	4	120	99	21	130	0	0	-
31	Jul	22	137	22	137	4	124	102	22	137	0	0	-
31	Ago	21	130	21	130	4	124	102	22	137	0	0	-
30	Sept	23	143	23	143	4	120	99	21	130	2	12	prog prox mes
31	Oct	23	143	21	130	4	124	102	22	137	1	6	prog prox mes
30	Nov	29	180	28	174	4	120	99	21	130	8	50	prog prox mes
31	Dic	51	317	43	267	4	124	102	22	137	29	180	prog prox mes
TOTAL											45	279	
Planeación de Recursos de Producción del Proceso de Teñido para el equipo Jigger - Mejora													
2017		Programación de producción mensual			Demanda mensual			Bobinas			Horas		
Días	Mes	Bobinas	Días	Bobinas	Días	Capacidad diario (n=252)	Capacidad mensual (n=252)	Sistema ocupado	Sistema Disponible	Sistema Disponible	Bobinas en espera	Tiempo de espera (días)	Alerta
31	Ene	11	68	11	68	4	124	61	63	391	0	0	-
28	Feb	6	37	6	37	4	112	55	57	354	0	0	-
31	Mar	19	118	19	118	4	124	61	63	391	0	0	-
30	Abr	26	161	26	161	4	120	59	61	379	0	0	-
31	May	13	81	13	81	4	124	61	63	391	0	0	-
30	Jun	19	118	19	118	4	120	59	61	379	0	0	-
31	Jul	22	137	22	137	4	124	61	63	391	0	0	-
31	Ago	21	130	21	130	4	124	61	63	391	0	0	-
30	Sept	23	143	23	143	4	120	59	61	379	0	0	-
31	Oct	21	130	21	130	4	124	61	63	391	0	0	-
30	Nov	28	174	28	174	4	120	59	61	379	0	0	-
31	Dic	43	267	43	267	4	124	61	63	391	0	0	-
TOTAL											0	0	

Elaboración propia

Por lo tanto, se concluye que la propuesta que se presenta en esta investigación mejorará la programación de producción reduciendo los tiempos de espera y de esta manera incrementa el nivel de cumplimiento de entrega de bobinas a tiempo.

3.3 Consideraciones para la implementación

En esta sección, se presentan las consideraciones de implementación de la propuesta de mejora, como el cronograma de Gantt para la implementación, las capacitaciones e inversión que se requiere y las limitaciones del proyecto.

3.3.1 Cronograma

El cronograma de Gantt presenta el tiempo y las actividades de la implementación de 52 semanas de la propuesta de mejora.

Tabla 68: Cronograma de Gantt

Fase 2 Plan de Desarrollo																								
Definir Objetivos																								
Estandarizar procesos																								
Reducir desperdicios																								
Incrementar productividad																								
Elaboración de los Planes																								
SMED / VSM																								
Optimización de procesos / Teoría de Colas																								
Fase 3 Capacitación																								
Capacitación de empleados																								
Sobre SMED y VSM																								
Estudiar procesos e identificar desperdicios																								
Exceso de tiempo en procesos																								
Implementar planes a corto plazo																								
Revisar Resultados																								
Plan de implementación																								
SMED / VSM																								
Optimización de procesos / Teoría de Colas																								
Fase 4 Seguimiento																								
KPIs																								
Takt Time																								
Máx Tiempo registrado del proceso																								
Promedio de tiempo del proceso																								
Nivel de cumplimiento																								
Documentar nuevos procesos																								
Trabajo Estandarizado																								

Elaboración propia

3.3.2 Capacitaciones

Para lograr el cumplimiento de la implementación del nuevo proceso de teñido, se debe capacitar y crear el interés requerido a los operarios que operan el proceso, otorgándoles la responsabilidad de sus áreas de trabajo para incrementar el servicio a las bobinas de acuerdo al procedimiento establecido bajo la implementación de la herramienta SMED y VSM, así como el ordenamiento de las porta bobinas en el proceso de teñido. Las capacitaciones se dan por un tercero, una empresa con conocimiento y experiencia en líneas de producción textil y teñido, además de Lean Manufacturing y herramientas de Ingeniería Industrial.

El total de las horas de capacitación por el temario es de 87 horas por operario, son 44 operarios que participan en el proceso de teñido, el costo por hora por participante de las clases es de S/45. Se debe considerar que las capacitaciones se deben de proveer fuera de las horas de trabajo, por lo que se debe también pagar a los participantes dos horas diarias extras, lo que equivale a la adición del 25% del costo HH, igual a 15.63%, este pago es de acuerdo con la normativa del Ministerio de Trabajo.

El total de inversión por capacitaciones es de S/232,072.50, como se muestra a continuación:

Tabla 69: Capacitaciones

Capacitación	Horas/op
Principios de Lean Manufacturing	12
MRPII	12
SMED	20
VSM	15
Teoría de colas	20
Optimización de procesos	8
Total horas	87
Costo clase/hora	S/ 45.00
Operarios	44
Costo HH	S/ 12.50
Costo HH extra	S/ 15.63
Inversión por capacitación	S/ 232,072.50

Elaboración propia

Por lo tanto, se realiza la capacitación completa de las herramientas SMED, VSM, así como la introducción y principios de Lean Manufacturing, lo cual explica y empodera al operario de la responsabilidad de su área de trabajo para el progreso de la empresa en general y así poder incrementar el nivel de cumplimiento de entregas a tiempo.

3.3.3 Inversión

La inversión requiere de tangibles, como la programación de los VSM, conectados a los datos de la empresa, para llevar los resultados en tiempo real de los jefes de producción del proceso de teñido y poder corregir cualquier problema que ocurra en la implementación, así como las herramientas SMED y MRPII diario incluyendo el análisis de colas para dar el conocimiento y entendimiento de los progresos de la implementación con una frecuencia diaria, se implementará en 6 estaciones de trabajo bajo una red y conectadas a la base de datos de producción del proceso de teñido, la inversión es de S/41,578, como se muestra a continuación:

Tabla 70: Inversión de tangibles/Activos

Tangible/Activos	
Componente VSM	S/ 4,500.00
Componente SMED	S/ 4,500.00
Componente MRPII	S/ 4,500.00
Componente Teoría de Colas	S/ 4,500.00
Conexión de datos con base de datos principal	S/ 8,578.00
Implementación en estaciones de trabajo	S/ 2,500.00
Estaciones de trabajo	6
Total Tangible/Activos	S/ 41,578.00

Elaboración propia

3.3.4 Limitaciones

Las limitaciones que se encontraron en el proceso del diseño de la propuesta de mejora son:

- Bases de datos de tiempos son incompletos y algunos datos erróneos y/o faltantes, es por ello la necesidad de calcular una muestra.
- No existen registros de la demanda mensual completos o se han regularizado después de algunos meses después, por lo que hace difícil el análisis real de la demanda y poder tener una proyección confiable de ella.

- Para los costos de máquina del proceso de teñido, así como los tiempos programados de paradas por mantenimientos, se toma como base la de la máquina Jigger, ya que las otras máquinas también se programan con las otras máquinas de teñido que la empresa tiene.

3.4 Ahorros e Inversión Total

A continuación, se muestra el resumen de Inversión de S/273,650.50 y ahorros de S/510,429.50 que se generan al implementar la propuesta de mejora, como se muestra a continuación:

Tabla 71: Inversión y Ahorros Total de la implementación de mejora

Inversión	
Capacitación	Horas/op
Principios de Lean Manufacturing	12
MRPII	12
SMED	20
VSM	15
Teoría de colas	20
Optimización de procesos	8
Total horas	87
Costo clase/hora	S/ 45.00
Operarios	44
Costo HH	S/ 12.50
Costo HH extra	S/ 15.63
Inversión por capacitación	S/ 232,072.50
Tangible/Activos	
Componente VSM	S/ 4,500.00
Componente SMED	S/ 4,500.00
Componente MRPII	S/ 4,500.00
Componente Teoría de Colas	S/ 4,500.00
Conexión de datos con base de datos principal	S/ 8,578.00
Implementación en estaciones de trabajo	S/ 2,500.00
Estaciones de trabajo	6
Total Tangible/Activos	S/ 41,578.00
Total Inversión	S/ 273,650.50

Ahorros	
Proceso	S/ 348,110.95
Penalidades	S/ 180,304.27
Total ahorros	S/ 528,415.22

Elaboración propia

Se debe considerar que para la validación financiera se considera la depreciación al 20% anual de la inversión tangible/activos.

CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Para la validación de la propuesta de mejora, primero se realiza la simulación de los procesos actual y de la propuesta de mejora, para validar la disminución de los tiempos en el proceso, se utilizan los registros de los tiempos del proceso actual y los asumidos para la propuesta de mejora de las 252 bobinas o procesos de teñido. La validación financiera del proyecto se define de acuerdo con la inversión y ahorros que se generan al implementar la propuesta de mejora, presenta los escenarios de Esperado, con los datos calculados para el proyecto, sin embargo, se debe calcular una suposición de los escenarios pesimista y optimista de acuerdo con los datos calculados de la propuesta de mejora.

4.1 Validación de los tiempos de los Procesos

Los datos de los tiempos del proceso actual (anexo 3) y de la propuesta de mejora (anexo 4) se ingresan en el componente del software de simulación Arena de Rockwell Automation, para obtener las distribuciones de cada una de las actividades, como se muestra a continuación:

Tabla 72: Distribuciones de los tiempos de las actividades del proceso de teñido actual y de la propuesta de mejora

Actividades	Actual	Mejora
Bobina de tela en espera de teñido	$0.26 + 3.47 * \text{BETA}(1.66, 1.64)$	$1 + 0.45 * \text{BETA}(1.43, 1.69)$
Teñido	$0.05 + \text{LOGN}(0.00996, 0.00213)$	$0.05 + \text{LOGN}(0.00991, 0.00203)$
traslado de bobina para reposo	$\text{BETA}(1.98, 1.74671)$	$\text{WEIB}(0.00625, 2.65)$
Reposo	$0.84 + 0.56 * \text{BETA}(1.46, 1.43)$	$0.55 + 0.45 * \text{BETA}(1.53, 1.39)$
Rollo de tela en espera de lavado teñido	$0.12 + 0.26 * \text{BETA}(1.77, 1.71)$	
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	$\text{LOGN}(0.00548, 0.0005)$	$\text{LOGN}(0.00552, 0.000504)$
Lavado teñido	$0.07 + 0.03 * \text{BETA}(2.93, 2.28)$	$0.07 + 0.03 * \text{BETA}(2.53, 2.12)$
Traslado de rollo de tela para secado	$\text{BETA}(4.17, 3.34109)$	$\text{BETA}(4.1, 3.56654)$
Rollo de tela en espera de de secado	$0.21 + 0.7 * \text{BETA}(2.24, 3.19)$	$0.09 + 0.14 * \text{BETA}(2.38, 2.16)$
Secado	$0.02 + 0.14 * \text{BETA}(1.65, 1.7)$	$0.02 + 0.15 * \text{BETA}(1.89, 2.02)$
Traslado de bobina para su revisión	$\text{BETA}(28.2, 15.5777)$	$\text{BETA}(31.4, 17.3787)$
Bobina en espera para su revisión	$0.15 + 3.7 * \text{BETA}(1.65, 1.66)$	$1.1 + 0.22 * \text{BETA}(1.68, 1.76)$
Revisión de tela teñida	$0.01 + 0.12 * \text{BETA}(1.75, 1.7)$	$0.01 + 0.12 * \text{BETA}(1.91, 2.05)$
Traslado de bobina para impregnado	$\text{WEIB}(0.0108, 5.77)$	$\text{WEIB}(0.0109, 5.78)$
¿Pasó revisión?	89.17%	89.17%
Réplicas	24	24

Elaboración propia

4.1.1 Proceso Actual

Se modela el diagrama de flujo del proceso actual al considerar las operaciones, programando las distribuciones que se obtuvieron, como se muestra a continuación:

Figura 51: Modelo de simulación del proceso actual de teñido - Operaciones

Elaboración propia

Posteriormente se programan los tiempos de espera, con sus distribuciones equivalentes (4) y se coloca en Allocation como WAIT, como se muestra a continuación:

Figura 52: Modelo de simulación del proceso actual de teñido – Tiempos de espera

Elaboración propia

Por lo tanto, el modelo final del proceso actual de teñido se muestra a continuación:

Figura 53: Modelo de simulación del proceso actual de teñido

Elaboración propia

4.1.2 Proceso de la propuesta de Mejora

Se modela el diagrama de flujo del proceso de mejora al considerar las operaciones, programando las distribuciones que se obtuvieron, como se muestra a continuación:

Figura 54: Modelo de simulación del proceso de mejora de teñido - Operaciones

Elaboración propia

Posteriormente se programan los tiempos de espera, con sus distribuciones equivalentes (3) y se coloca en Allocation como WAIT, como se muestra a continuación:

Figura 55: Modelo de simulación del proceso actual de teñido – Tiempos de espera

Elaboración propia

Por lo tanto, el modelo final del proceso actual de teñido se muestra a continuación:

Figura 56: Modelo de simulación del proceso actual de teñido

Elaboración propia

4.1.3 Resultados

Al ejecutar los modelos proporcionaron los siguientes resultados:

Tabla 73: Resultados de la simulación para los procesos actual y propuesta de mejora.

Actual

Proceso de teñido						
Replications: 24 Time Units: Days						
Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tela	3.6881	0.34	2.8383	6.0795	2.1902	14.5839
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tela	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
Tela	5.8133	0.59	3.8920	9.9835	2.2849	25.3329
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tela	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
Tela	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
Tela	9.5013	0.91	6.9702	16.0629	5.5774	39.9168

Mejora

Proceso de teñido						
Replications: 24 Time Units: Days						
Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tela	2.6260	0.18	2.0302	3.6715	1.6728	7.0955
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tela	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
Tela	3.0939	0.22	2.4547	4.2979	2.2954	8.5159
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tela	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
Tela	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
Tela	5.7199	0.38	4.6533	7.4862	4.1746	15.2445

Elaboración propia

Los resultados provistos por la simulación se comparan con los que se han calculado bajo del acápite “Desarrollo de la propuesta”, como se muestra a continuación:

Tabla 74: Comparación resultados de simulación vs. Cálculos de implementación

Resultados	SIMULACIÓN				CÁLCULOS				DIFERENCIA		
	Actual	Mejora			Actual	Mejora			Actual	Mejora	
Proceso	3.68806	2.62601	días		1.46035	1.12589	días		2.22771	1.50012	días
Tiempo de espera	5.81326	3.09388	días		4.75000	2.55934	días		1.06326	0.53454	días
Total	9.50132	5.71989	días		6.21035	3.68523	días		3.29097	2.03466	días
Variación		3.78143				2.52512				1.25631	
% Var		39.80%				40.66%				38.17%	
Porcentajes	Actual	Mejora	Var%		Actual	Mejora	Var%		Actual	Mejora	Var%
Proceso	38.82%	45.91%	7.09%		23.51%	30.55%	7.04%		67.69%	73.73%	6.04%
Tiempo de espera	61.18%	54.09%	-7.09%		76.49%	69.45%	-7.04%		32.31%	26.27%	-6.04%

Elaboración propia

En la tabla 76 se muestra que, la simulación muestra que el proceso actual es de 9.5 horas y la mejora de 5.71 horas, teniendo una variación de 3.78 horas con una mejora de 39.80%, en cuanto lo que se ha calculado en el desarrollo de la propuesta de mejora, el promedio del proceso actual es de 6.21 horas y la mejora de 3.69 horas, habiendo una diferencia de 2.53 horas equivalente a una reducción de 40.66%. Valor porcentual que sólo es mayor a 0.51% entre la simulación y los calculados, por lo que al considerar una confiabilidad del 95%, el margen de error es de $\pm 5\%$ y el valor de 39.80% se encuentra dentro del margen de error de los 40.66%, por lo que se considera estadísticamente dentro del rango aceptable y se verifica que el proceso de mejora reduce los tiempos de producción del proceso de teñido relacionado directamente al incremento del nivel de cumplimiento de entregas a tiempo.

4.2 Evaluación Financiera

Para la validación financiera, se debe primero calcular el costo de oportunidad, para luego utilizarlo y calcular el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Se presenta los escenarios esperado, el cual se calcula del flujo de caja con los valores calculados de inversión y ahorros, y para los escenarios pesimista y optimista se debe lograr valores aceptables de VAN y TIR.

4.2.1 Costo de Oportunidad

Para calcular el costo de oportunidad (COK), se utilizará el método CAPM (Capital Asset Pricing Model), cuya fórmula es, de acuerdo a PromPerú:

$$CAPM = R_f + (\beta * R_m) + R_{país}$$

En donde:

R_f : Tasa libre de riesgo

β : Beta apalancada

R_m : Prima de riesgo

$R_{país}$: Riesgo país

La tasa libre de riesgo se toma el valor del bono del Tesoro Público de Estados Unidos a una madurez de 30 años al 23 de febrero de 2018, como se muestra a continuación:

Figura 57: Tasa libre de riesgo

Fuente: <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yieldYear&year=2018>

La beta apalancada se calcula de

$$\beta = \beta \text{ no apalancada} * \left(1 + \left((1 - T) * \left(\frac{D}{C} \right) \right) \right)$$

En donde:

T Tasa de Renta Perú = 28%

D/C Índice Deuda/ capital = $S/273,650.50/521,833.40 = 0.52$

La deuda es la inversión que se incurrirá para el proyecto y el capital que se considera es propio de la empresa.

La beta no apalancada se ha tomado de la página de Damodaran para el mes de enero de 2018 de la industria de Ropa, ya que abarca la producción de la tela, es de 1.02, como se muestra a continuación:

Figura 58: Beta no apalancada

Industry Name	Number of firms	Beta
Advertising	40	1.15
Aerospace/Defense	87	1.08
Air Transport	17	1.01
Apparel	51	1.02

Fuente: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Por lo tanto,

$$\beta = 1.02 * \left(1 + ((1 - 28\%) * (0.52)) \right) = 1.41$$

La prima de riesgo, también se obtiene de la página web del Prof. Damodaran, para el país Perú de 1.23, como se muestra a continuación:

Figura 59: Prima de Riesgo

Pakistan	278.91	B3	6.67%	12.58%
Palestinian Authority	NA	NA	1.43%	6.69%
Panama	55.19	Baa2	1.95%	7.27%
Papua New Guinea	20.21	B2	5.64%	11.42%
Paraguay	27.42	Ba1	2.56%	7.96%
Peru	192.21	A3	1.23%	6.46%
Philippines	304.91	Baa2	1.95%	7.27%
Poland	471.36	A2	0.87%	6.06%
Portugal	204.84	Ba1	2.56%	7.96%
Qatar	152.45	Aa3	0.62%	5.78%
Ras Al Khaimah (Emirate of)	5.20	A2	0.87%	6.06%
Reunion	NA	NA	4.86%	10.47%
Romania	187.59	Baa3	2.26%	7.62%

Fuente: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html

Y, por último, el valor de riesgo país de Perú al 23 de febrero de 2018, es de 1.14%, como se muestra a continuación:

Figura 60: Riesgo país Perú

FECHA	VALOR	VARIACION
23/02/2018	114	2,70%
22/02/2018	111	0,00%
21/02/2018	111	0,91%
20/02/2018	110	1,85%
16/02/2018	108	-2,70%
15/02/2018	111	-5,93%

Fuente: <http://www.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=13>

Por lo tanto, el Cálculo del COK es de 6.03%, como se muestra a continuación:

Tabla 75: Cálculo del Costo de Oportunidad

Cálculo COK			Fuente
Rf	Tasa libre de riesgo	3.16%	Us Treasury Bond
	Beta no apalancada	1.02	Textil
β	Beta apalancada	1.41	Cálculo
T	Tasa de Renta Perú	28%	Tasa de Renta Perú
D/C	Deuda y capital	0.52	
Rm	Prima de riesgo	1.23%	Perú
Rpaís	Riesgo país	1.14%	Ambito.Com
CAPM			6.03%

Elaboración propia

El COK, se utiliza para el flujo de caja y poder calcular el VAN y TIR.

4.2.2 Escenarios

El primer escenario es el esperado, ya que se consideran los valores que se han calculado en el desarrollo de la propuesta, como la inversión de S/273,651 y los ahorros por un total de S/528,415.22. Estos ahorros no pueden considerarse como anuales ya que si se toma esta opción, los valores de VAN y TIR son mayores al 80%, por lo que no es real para el mercado peruano. Por lo tanto, se considerará que dichos ahorros se generarán por un periodo de 5 años, con una depreciación anual de S/8,316 y el impuesto a la renta del 28%, como se muestra a continuación:

Tabla 76: Escenario: Esperado

ESPERADO						
Supuestos						
Depreciación	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	28%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	6.03%					
	0	1	2	3	4	5
Ventas		S/.105,683	S/.105,683	S/.105,683	S/.105,683	S/.105,683
(-) Costos						
(-) Gastos						
(-) Depreciación		-S/.8,316	-S/.8,316	-S/.8,316	-S/.8,316	-S/.8,316
(=) UAI = EBIT		S/.97,367	S/.97,367	S/.97,367	S/.97,367	S/.97,367
(-) Impuestos		-S/.27,263	-S/.27,263	-S/.27,263	-S/.27,263	-S/.27,263
(+) Depreciación		S/.8,316	S/.8,316	S/.8,316	S/.8,316	S/.8,316
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/.78,420	S/.78,420	S/.78,420	S/.78,420	S/.78,420
Gastos netos de capital	-S/.273,651					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-S/.273,651	S/.78,420	S/.78,420	S/.78,420	S/.78,420	S/.78,420
VAN	S/.56,430					
TIR	13.32%					

Elaboración propia

Bajo estos supuestos, se calcula un VAN de S/56,430 y una TIR de 13.32%, lo cual indica que el proyecto es factible ya que el VAN > 0 y TIR > COK.

Para el segundo escenario, Pesimista, se debe llevar al límite al TIR, lo más cercano al valor del COK, pero mayor para que se obtenga un VAN mayor que cero. Para esto se utiliza la función de Excel, llamado Goal Seek, en donde la **TIR se debe ser igual a 6.04%**, por lo que los ahorros equivalen al 82.41% de los calculados ($S/528,415.22 * 82.41\% = S/435,460.01$, por lo que por año es un monto de S/87,092).

Tabla 77: Escenario Pesimista: Suposición de la TIR = 6.04%

	82.41%			
Función				
Data	Goal Seek		TIR	6.040%

Elaboración propia

Por lo tanto, el flujo de caja, da como resultado un VAN = S/88 mayor que cero y la TIR > COK.

Tabla 78: Escenario Pesimista

PESIMISTA						
Supuestos						
Depreciación	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	28%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	6.03%					
	0	1	2	3	4	5
Ventas		S/.87,092	S/.87,092	S/.87,092	S/.87,092	S/.87,092
(-) Costos						
(-) Gastos						
(-) Depreciación		-S/.8,316	-S/.8,316	-S/.8,316	-S/.8,316	-S/.8,316
(=) UAI = EBIT		S/.78,776	S/.78,776	S/.78,776	S/.78,776	S/.78,776
(-) Impuestos		-S/.22,057	-S/.22,057	-S/.22,057	-S/.22,057	-S/.22,057
(+) Depreciación		S/.8,316	S/.8,316	S/.8,316	S/.8,316	S/.8,316
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/.65,035	S/.65,035	S/.65,035	S/.65,035	S/.65,035
Gastos netos de capital	-S/.273,651					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-S/.273,651	S/.65,035	S/.65,035	S/.65,035	S/.65,035	S/.65,035
VAN		S/.88				
TIR		6.04%				

Elaboración propia

Y, por último, para el tercer escenario, optimista, se realiza el mismo procedimiento, pero asumiendo una TIR de 22%, lo que incrementará los ahorros en un 123%, equivalente a un total de S/647,343.59, siendo un ahorro de S/129,469 anual.

Tabla 79: Escenario Optimista: Suposición de la TIR = 22%

123%				
Función				
Data	Goal Seek		TIR	22%

Elaboración propia

Por lo tanto, se valida que el VAN > 0 y la TIR > COK, como se muestra a continuación.

Tabla 82: Escenario Optimista

OPTIMISTA						
Supuestos						
Depreciación	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	28%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	6.03%					
	0	1	2	3	4	5
Ventas		S/.129,469	S/.129,469	S/.129,469	S/.129,469	S/.129,469
(-) Costos						
(-) Gastos						
(-) Depreciación		-S/.8,316	-S/.8,316	-S/.8,316	-S/.8,316	-S/.8,316
(=) UAI = EBIT		S/.121,153	S/.121,153	S/.121,153	S/.121,153	S/.121,153
(-) Impuestos		-S/.33,923	-S/.33,923	-S/.33,923	-S/.33,923	-S/.33,923
(+) Depreciación		S/.8,316	S/.8,316	S/.8,316	S/.8,316	S/.8,316
Flujo Económico de Operación (FEO)		S/.95,546	S/.95,546	S/.95,546	S/.95,546	S/.95,546
Gastos netos de capital	-S/.273,651					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-S/.273,651	S/.95,546	S/.95,546	S/.95,546	S/.95,546	S/.95,546
VAN	S/.128,514					
TIR	22.0%					

Elaboración propia

Por lo tanto se concluye, que la inversión del proyecto es factible al obtener un retorno de 11.96%, mayor que el COK de 6.03%.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Con la implementación de SMED y VSM se ha reducido el tiempo del proceso de teñido de 6.21 a 3.69 días, disminuyendo el tiempo de espera de 4.75 a 2.56 días.
- Se concluye que la propuesta de mejora reduce la utilización del servidor de 82.54% a 48.97%, lo que indica que el 48.97% de todas las bobinas que ingresan al proceso de teñido sólo tienen colas.
- Se concluye que al aplicar las herramientas de SMED y VSM, además del ordenamiento FIFO de la llegada de las porta bobinas, se eliminan los cuellos de botella y se reducen la permanencia en cola.
- La implementación de estas herramientas genera ahorros de S/528,415.22 y reduce el impacto económico (pérdidas) de S/603,666.13 a S/75,250.91
- La implementación de las herramientas de Lean Manufacturing para la mejora continua del proceso de teñido y la herramienta de gestión del proceso MRPII, incrementa el nivel de cumplimiento de entrega a tiempo de 66.76% a 94.05%
- Al programar la producción con la herramienta MRPII, se observa que el proceso de mejora se encuentra dentro de la capacidad mensual de la máquina, sin tener que pasar la programación de las bobinas que no han pasado por el proceso de teñido del mes anterior al siguiente mes. Se cumple la demanda mensual y a tiempo.
- La validación de la simulación del proceso actual y de mejora confirma que los tiempos de espera y del propio proceso se encuentran dentro del margen de error de $\pm 5\%$, siendo la variación porcentual entre el proceso actual y mejora de 39.80% para la simulación en Arena y el 40.66% para los cálculos hallados.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de las herramientas como SMED y VSM, para los procesos de preparado y acabados.
- Se recomienda el uso de análisis de colas para los diferentes procesos, así como para cada máquina.
- Se recomienda la implementación del MRPII programados de manera diaria y no mensual, de esta manera los participantes tendrían la información real de inmediato y podrían realizar modificaciones en el proceso para corregir cualquier incremento de desperdicios en el proceso.
- Se recomienda que la empresa mida todos los procesos de manera diaria para lograr datos históricos y poder realizar un mejor análisis de la demanda, producción y reducción de tiempos.

BIBLIOGRAFIA

Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, 107(1), 223-236.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527306002258>

Akbari, M., Gheysari, M., Mostafazadeh-Fard, B., & Shayannejad, M. (2018). Surface irrigation simulation-optimization model based on meta-heuristic algorithms. *Agricultural Water Management*, 201, 46-57.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377418300593>

Akdogan, M. A., Bayındır, Z. P., & Iyigun, C. (2017). Location analysis of emergency vehicles using an approximate queueing model. *Transportation research procedia*, 22, 430-439. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517301539>

ALONSO, Carlos (2014). Orientaciones para Implementar una Gestión basada en Procesos. En: *Ingeniería Industrial* (Consulta: Julio de 2017) (<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=d7189fcf-0b24-4e2e-aea9-a7d5e96a81f8%40sessionmgr101>)

Arena Simulation (2018). What Is Simulation Software?
<https://www.arenasimulation.com/what-is-simulation>

BLANCO, Ernesto (2012). Cuadro de mando integral los factores organizacionales también cuentan. En: *Debates IESA* (Consulta: Julio de 2017) (<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=206da966c57b-4250-89d0-19d3e5de0c41%40sessionmgr103>)

Botti, L., Mora, C., & Regattieri, A. (2017). Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line. *Computers & Industrial Engineering*, 111, 481-491.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835217302152>

Boucher, J. P., & Couture-Piché, G. (2015). Modeling the number of insureds' cars using queueing theory. *Insurance: Mathematics and Economics*, 64, 67-76.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167668715000712>

CERVERA, H. M., HERRERA, T. F., & De La Hoz Granadillo, E. (2011). Análisis comparativo entre las cadenas productivas del sector textil-confecciones de la provincia de Jiangsu-China y el departamento del Atlántico-Colombia. En: *INGENIARE - Revista Chilena De Ingeniería*, 19(3), 429-441. (Consulta: Julio de 2017) (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=cf252ecac16b-42f5-a6a4-f4e482a599bd%40sessionmgr4007>)

CORBIN, Thomas; Moore Larry y Walsh Leonard (2012). Visual workplace practices positively impact business processes. En: Benchmarking (Consulta: Julio de 2017) (<https://search.proquest.com/docview/1018109544/fulltextPDF/E5F80AB7B5E94880PQ/1?accountid=43860>)

D'Antonio, G., Bedolla, J. S., & Chiabert, P. (2017). A Novel Methodology to Integrate Manufacturing Execution Systems with the Lean Manufacturing Approach. *Procedia Manufacturing*, 11, 2243-2251.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917305802>

DeCarolís, J. F., Babae, S., Li, B., & Kanungo, S. (2016). Modelling to generate alternatives with an energy system optimization model. *Environmental Modelling & Software*, 79, 300-310.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815215301080>

DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS ECONÓMICOS, EVALUACIÓN Y COMPETITIVIDAD TERRITORIAL DEL VICEMINISTERIO DE MYPE E INDUSTRIA. MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN (2017). Las Mipyme en Cifras 2014. En: Portal DEMI (Consulta: Julio de 2017) (<http://demi.produce.gob.pe/publicacionDetalle?idp=543>)

Godinho Filho, M. (2017). Complementing lean with quick response manufacturing: case studies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5-8), 1897-1910. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-016-9513-4>

Goyal, A., & Agrawal, R. (2017). Advanced Manufacturing Management System for Environmental Sustainability. 496-504
<http://strategiesinemergingmarkets.com/proceedings/T4/Paper%2055,%20OP1706.pdf>

INSTITUTO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS Y SOCIALES DE LA SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS (2016). Reporte Sectorial. (Consulta: Julio de 2017) (<http://www.sni.org.pe/wpcontent/uploads/2017/01/Noviembre-2016-Industria-de-productos-textiles.pdf>)

Jablonsky, J. (2014). MS Excel based software support tools for decision problems with multiple criteria. *Procedia Economics and Finance*, 12, 251-258.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567114003426>

JEVGENI, Sahno; EDUARD Shevtshenko y ROMAN Zahharov (2014) Framework for Continuous Improvement of Production Processes and Product Throughput. En: *Annals of DAAAM & Proceedings* (Consulta: Julio de 2017) (<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=617fd04d-3ecf4921->

8fc764f31256d52f%40sessionmgr120&bdata=Jmxhbm9ZXM%3d#db=asn&AN=109414429)

Jin, W. L. (2015). Point queue models: A unified approach. *Transportation Research Part B: Methodological*, 77, 1-16.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261515000430>

Kikolski, M. (2017). Study of production scenarios with the use of simulation models. *Procedia Engineering*, 182, 321-328.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817312389>

Kuhlang, P., Hempen, S., Edtmayr, T., Deuse, J., & Sihn, W. (2013). Systematic and Continuous Improvement of Value Streams. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(9), 993-997. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016344184>

LESCANO, Yonny (2012). Proyecto de ley que modifica el régimen laboral del decreto ley 22342. En: Federación nacional de trabajadores textiles del Perú. (Consulta: Julio de 2017) (<https://www.iesiperu.org.pe/>)

LÓPEZ, María Isabel; LÓPEZ, Patricia (2014). Uso secuencial de herramientas de control de calidad en procesos productivos: una aplicación en el sector agroalimentario. En: PECVNIA (Consulta: Julio de 2017) (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=13&sid=3ca6f643493b-4c47-ba85-59c83bd1e419%40sessionmgr4010>)

Luquini, E., & Nizam, O. (2017). Rethinking exchange market models as optimization algorithms. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437117308634>

Lv, L., Ren, F. Y., Wang, J., & Xiao, J. (2015). Correlated continuous time random walk with time averaged waiting time. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 422, 101-106.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437114010450>

Meudt, T., Metternich, J., & Abele, E. (2017). Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production. *CIRP Annals*, 66(1), 413-416. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850617300057>

Miclo, R., Fontanili, F., Lauras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2016). An empirical comparison of MRPII and Demand-Driven MRP. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 1725-1730. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316311144>

Ocampo, J. R., Hernández-Matías, J. C., & Vizán, A. (2017). A method for estimating the influence of advanced manufacturing tools on the manufacturing competitiveness of Maquiladoras in the apparel industry in Central America. *Computers in Industry*, 87, 31-51. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361517300428>

Öztürk, C., & Ornek, A. M. (2014). Operational extended model formulations for Advanced Planning and Scheduling systems. *Applied Mathematical Modelling*, 38(1), 181-195. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X13003727>

PADILLA, Ernesto (2013). Desarrollo de los aspectos metodológicos para la implementación de un sistema integrado de gestión en la industria textil y confecciones. En: Repositorio Digital de Tesis PUCP (Consulta: Julio de 2017) (<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1717>)

Proudlove, N. C., Bisogno, S., Onggo, B. S. S., Calabrese, A., & Ghiron, N. L. (2017). Towards fully-facilitated discrete event simulation modelling: Addressing the model coding stage. *European Journal of Operational Research*, 263(2), 583-595. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221717305209>

PULIDO, Alexander, BOCANEGRA, Carlos (2015). Mitigation of defects in products manufactured. En: *Ingeniería y Competitividad* (Consulta: Julio de 2017) (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=ef45d012-bd30-48ae-b4e3-914a1fd73698%40sessionmgr4008>)

Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034-1042. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235197891730745X>

Santos, F., Nunes, I., & Bazzan, A. L. (2017). Model-driven agent-based simulation development: A modeling language and empirical evaluation in the adaptive traffic signal control domain. *Simulation Modelling Practice and Theory*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569190X17301673>

Sartal, A., Llach, J., Vázquez, X. H., & de Castro, R. (2017). How much does Lean Manufacturing need environmental and information technologies. *Journal of Manufacturing Systems*, 45, 260-272. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612517301395>

Settanni, E., Harrington, T. S., & Srai, J. S. (2017). Pharmaceutical supply chain models: A synthesis from a systems view of operations research. *Operations Research Perspectives*, 4, 74-95. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214716016301105>

Sihn, W., & Pfeffer, M. (2013). A method for a comprehensive value stream evaluation. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 62(1), 427-430.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850613000437>

SOCOLIUC, Marian; CARAMAN Stela, and GROSU, Veronica (2015). The BSC method used in achieving organisational strategic objectives. En: *SEA Practical Application of Science* (Consulta: Julio de 2017) (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=653476e2cc73-47bc-948d-55d0c8ee18c8%40sessionmgr4008>)

Tanaka, M., Yanagisawa, D., & Nishinari, K. (2018). Exclusive queueing model including the choice of service windows. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 490, 1481-1492.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437117308191>

Zhang, W., Zhou, Y., & Zhu, J. (2017). A comprehensive study of feature definitions with solids and voids for topology optimization. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 325, 289-313.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045782517300695>

Anexos

Anexo 1: Muestra: 179 pedidos, equivalente a 252 bobinas

muestra	mes	metros pedidos	Bobinas	Pedidos
1	enero	3000	2	1
2	enero	2500	1	1
3	enero	2500	1	1
4	enero	2500	1	1
5	enero	3000	2	1
6	enero	3000	2	1
7	enero	5000	2	1
8	febrero	1238	1	1
9	febrero	2589	1	1
10	febrero	4800	2	1
11	febrero	4500	2	1
12	marzo	2000	1	1
13	marzo	2000	1	1
14	marzo	5000	2	1
15	marzo	3000	2	1
16	marzo	3000	2	1
17	marzo	2000	1	1
18	marzo	2500	1	1
19	marzo	2400	1	1
20	marzo	1200	1	1
21	marzo	1200	1	1
22	marzo	1200	1	1
23	marzo	1200	1	1
24	marzo	6500	3	1
25	marzo	1300	1	1
26	abril	1300	1	1
27	abril	1300	1	1
28	abril	1300	1	1
29	abril	1000	1	1
30	abril	1000	1	1
31	abril	650	1	1
32	abril	1201	1	1
33	abril	1000	1	1
34	abril	4000	2	1
35	abril	4000	2	1
36	abril	4000	2	1
37	abril	4000	2	1
38	abril	4000	2	1
39	abril	3000	2	1

40	abril	3000	2	1
41	abril	3000	2	1
42	abril	3000	2	1
43	mayo	1200	1	1
44	mayo	1200	1	1
45	mayo	1200	1	1
46	mayo	1200	1	1
47	mayo	1200	1	1
48	mayo	1200	1	1
49	mayo	1300	1	1
50	mayo	1200	1	1
51	mayo	1200	1	1
52	mayo	1200	1	1
53	mayo	1300	1	1
54	mayo	1300	1	1
55	mayo	1300	1	1
56	junio	1200	1	1
57	junio	1200	1	1
58	junio	1200	1	1
59	junio	1200	1	1
60	junio	1200	1	1
61	junio	1200	1	1
62	junio	1200	1	1
63	junio	1200	1	1
64	junio	1200	1	1
65	junio	1300	1	1
66	junio	1300	1	1
67	junio	1300	1	1
68	junio	1300	1	1
69	junio	3500	2	1
70	junio	3500	2	1
71	junio	300	1	1
72	junio	500	1	1
73	julio	1200	1	1
74	julio	500	1	1
75	julio	900	1	1
76	julio	4019	2	1
77	julio	4029	2	1
78	julio	3764	2	1
79	julio	2500	1	1
80	julio	1600	1	1

81	julio	1500	1	1
82	julio	2118	1	1
83	julio	1712	1	1
84	julio	889	1	1
85	julio	1175	1	1
86	julio	1012	1	1
87	julio	2204	1	1
88	julio	1000	1	1
89	julio	1000	1	1
90	julio	366.5	1	1
91	julio	383.5	1	1
92	agosto	474	1	1
93	agosto	276	1	1
94	agosto	1060	1	1
95	agosto	600	1	1
96	agosto	750	1	1
97	agosto	750	1	1
98	agosto	750	1	1
99	agosto	870	1	1
100	agosto	350	1	1
101	agosto	350	1	1
102	agosto	6500	3	1
103	agosto	10410	4	1
104	agosto	750	1	1
105	agosto	1671	1	1
106	agosto	1171	1	1
107	agosto	2000	1	1
108	agosto	2000	1	1
109	setiembre	2000	1	1
110	setiembre	2000	1	1
111	setiembre	2000	1	1
112	setiembre	2000	1	1
113	setiembre	2000	1	1
114	setiembre	2000	1	1
115	setiembre	2000	1	1
116	setiembre	2000	1	1
117	setiembre	2000	1	1
118	setiembre	2000	1	1
119	setiembre	2000	1	1
120	setiembre	2000	1	1

121	setiembre	2000	1	1
122	setiembre	2000	1	1
123	setiembre	2000	1	1
124	setiembre	2000	1	1
125	setiembre	2000	1	1
126	setiembre	1500	1	1
127	setiembre	500	1	1
128	setiembre	500	1	1
129	setiembre	1132	1	1
130	setiembre	1182	1	1
131	setiembre	500	1	1
132	octubre	1172	1	1
133	octubre	500	1	1
134	octubre	4500	2	1
135	octubre	8000	3	1
136	octubre	15000	6	1
137	octubre	4500	2	1
138	octubre	250	1	1
139	octubre	150	1	1
140	octubre	250	1	1
141	octubre	200	1	1
142	octubre	200	1	1
143	octubre	400	1	1
144	noviembre	400	1	1
145	noviembre	10000	4	1
146	noviembre	3000	2	1
147	noviembre	2661	1	1
148	noviembre	2339	1	1
149	noviembre	1270	1	1
150	noviembre	5000	2	1
151	noviembre	5000	2	1
152	noviembre	5000	2	1
153	noviembre	5000	2	1
154	noviembre	2000	1	1
155	noviembre	6000	3	1
156	noviembre	1700	1	1
157	noviembre	5000	2	1
158	noviembre	5000	2	1
159	noviembre	5000	2	1
160	diciembre	5000	2	1

161	diciembre	2000	1	1
162	diciembre	6000	3	1
163	diciembre	1500	1	1
164	diciembre	6000	3	1
165	diciembre	6000	3	1
166	diciembre	6000	3	1
167	diciembre	6000	3	1
168	diciembre	3500	2	1
169	diciembre	6000	3	1
170	diciembre	6000	3	1
171	diciembre	750	1	1
172	diciembre	3800	2	1
173	diciembre	1220	1	1
174	diciembre	3500	2	1
175	diciembre	3500	2	1
176	diciembre	2500	1	1
177	diciembre	2500	1	1
178	diciembre	3500	2	1
179	diciembre	5000	2	1

Anexo 2: Tiempos registrados por la empresa de la muestra de 252 observaciones

Tiempos por procesos de bobina																											
Actividad	Días	Cola	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Bobina de tela en espera de teñido		2.00	1.09	1.77	1.28	1.88	1.31	2.80	1.75	1.90	0.66	1.17	0.73	0.93	2.27	1.45	1.22	2.39	2.79	2.69	0.92	1.52	2.48	1.03	1.52	1.31	2.90
Teñido frío	-1.88	0.12	0.14	0.18	0.07	0.10	0.12	0.09	0.06	0.12	0.09	0.11	0.18	0.12	0.15	0.16	0.09	0.07	0.10	0.14	0.15	0.13	0.12	0.13	0.07	0.17	0.06
traslado de bobina para reposo	-0.11	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
Reposo	1.44	1.45	1.64	1.55	1.58	1.79	1.77	1.72	1.55	1.11	1.34	1.72	1.84	1.55	1.62	1.09	1.62	1.54	1.00	1.67	1.06	1.61	1.75	1.02	1.42	1.42	1.71
Bobina de tela en espera de lavado de teñido	-1.20	0.25	0.29	0.17	0.23	0.24	0.29	0.26	0.20	0.33	0.15	0.22	0.22	0.28	0.15	0.32	0.28	0.32	0.30	0.25	0.35	0.16	0.33	0.18	0.34	0.34	0.25
Traslado de bobina para lavado teñido	-0.24	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Lavado teñido	0.11	0.12	0.16	0.12	0.15	0.10	0.13	0.12	0.12	0.11	0.09	0.08	0.15	0.16	0.13	0.14	0.12	0.16	0.10	0.11	0.11	0.11	0.15	0.16	0.10	0.12	0.08
Traslado de bobina para secado	-0.11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Secado	0.09	0.10	0.06	0.13	0.14	0.04	0.06	0.05	0.14	0.11	0.11	0.07	0.08	0.07	0.09	0.05	0.14	0.12	0.13	0.16	0.09	0.07	0.13	0.10	0.08	0.13	0.05
Traslado de bobina para revisión	-0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Bobina en espera para revisión	0.77	0.78	0.55	0.77	1.06	0.95	0.98	0.97	0.68	1.02	0.83	0.63	0.69	0.60	0.49	0.68	0.89	0.46	0.48	0.97	0.75	0.80	0.57	1.00	0.86	1.03	0.80
Revisión de tela teñida	0.17	0.95	1.19	1.22	1.16	1.11	0.98	1.21	1.09	0.85	0.87	0.82	0.80	1.20	1.07	1.07	1.09	0.94	0.70	0.76	0.71	1.03	0.80	1.21	0.71	0.88	1.02
Traslado de bobina para impregnarlo	-0.94	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Total por proceso		5.83	5.19	5.97	5.73	6.26	5.68	7.25	5.63	5.59	4.20	4.89	4.75	4.93	6.02	5.01	5.50	6.04	5.65	6.80	4.18	5.48	6.39	4.87	5.13	5.44	6.94

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1.80	1.62	2.99	0.76	2.90	0.74	2.81	1.71	1.81	1.91	3.32	1.09	3.29	0.73	1.69	2.57	2.00	1.23	2.48	1.62	2.55	1.94	1.83	0.99	2.52	1.23	2.03	2.43	2.01	2.26	0.72	1.84	1.44	3.09	1.68
0.06	0.18	0.16	0.09	0.06	0.15	0.11	0.14	0.07	0.18	0.06	0.09	0.17	0.06	0.09	0.09	0.17	0.11	0.08	0.14	0.09	0.06	0.15	0.08	0.18	0.15	0.14	0.18	0.07	0.08	0.10	0.15	0.13	0.07	0.17
0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
1.22	1.19	1.87	1.57	1.13	1.52	1.40	1.73	1.75	1.16	1.47	1.12	1.23	1.43	1.72	1.00	1.63	1.60	1.29	1.50	1.40	1.63	1.07	1.50	1.02	1.17	1.76	1.48	1.08	1.71	1.10	1.40	1.23	1.28	1.11
0.17	0.35	0.31	0.35	0.25	0.30	0.27	0.31	0.32	0.32	0.24	0.30	0.29	0.36	0.22	0.29	0.28	0.26	0.19	0.17	0.35	0.32	0.29	0.16	0.21	0.28	0.28	0.25	0.24	0.32	0.26	0.27	0.35	0.15	0.24
0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.10	0.12	0.09	0.08	0.13	0.11	0.11	0.12	0.12	0.15	0.09	0.12	0.15	0.15	0.11	0.11	0.10	0.14	0.15	0.11	0.09	0.16	0.11	0.11	0.12	0.10	0.13	0.12	0.14	0.16	0.15	0.16	0.14	0.10	0.12
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
0.06	0.15	0.15	0.06	0.06	0.08	0.11	0.10	0.13	0.05	0.15	0.16	0.12	0.08	0.09	0.05	0.04	0.05	0.09	0.14	0.05	0.16	0.10	0.07	0.04	0.16	0.15	0.07	0.14	0.12	0.10	0.06	0.04	0.11	0.10
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.69	0.86	0.92	0.94	0.63	0.53	0.71	0.85	0.69	0.53	1.02	0.74	0.99	0.74	0.66	1.10	0.74	0.97	0.61	0.95	1.02	0.57	0.97	0.61	0.98	0.77	1.06	0.77	0.47	0.58	1.05	0.89	0.96	0.85	0.72
0.77	1.07	1.13	1.05	0.95	0.74	1.21	1.19	0.76	0.79	1.00	0.69	1.01	0.67	1.14	0.98	0.84	0.97	0.70	0.73	0.83	0.92	1.20	1.18	1.12	1.01	1.10	1.22	0.93	0.77	0.97	1.12	1.20	0.80	1.12
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4.92	5.59	7.69	4.95	6.16	4.23	6.77	6.18	5.67	5.11	7.40	4.34	7.30	4.27	5.75	6.25	5.83	5.39	5.65	5.40	6.42	5.79	5.77	4.75	6.24	4.91	6.69	6.56	5.14	6.05	4.50	5.93	5.53	6.49	5.31

61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
2.74	2.98	2.89	1.38	2.44	1.73	1.14	1.31	2.73	0.84	2.06	3.45	0.97	1.93	2.06	3.43	2.10	2.32	0.68	2.10	1.12	0.83	2.80	1.81	1.14	1.31	3.35	1.19	0.81	2.35	0.88	3.35	2.99	2.09	0.97
0.06	0.09	0.09	0.09	0.18	0.12	0.08	0.15	0.11	0.14	0.15	0.18	0.18	0.07	0.08	0.17	0.17	0.12	0.07	0.09	0.17	0.16	0.09	0.10	0.16	0.10	0.16	0.12	0.09	0.13	0.13	0.18	0.08	0.07	0.16
0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02
1.88	1.53	1.67	1.15	1.08	1.34	1.57	1.36	1.16	1.32	1.42	1.90	1.73	1.62	1.46	1.14	1.49	1.31	1.22	1.08	1.02	1.41	1.36	1.89	1.03	1.30	1.63	1.78	1.33	1.27	1.08	1.21	1.01	1.76	1.71
0.16	0.34	0.34	0.35	0.30	0.29	0.20	0.27	0.23	0.16	0.34	0.28	0.14	0.26	0.16	0.15	0.26	0.35	0.32	0.28	0.33	0.31	0.30	0.23	0.27	0.29	0.26	0.21	0.16	0.35	0.31	0.19	0.24	0.26	0.26
0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.10	0.15	0.12	0.15	0.10	0.12	0.09	0.15	0.11	0.16	0.09	0.11	0.09	0.12	0.09	0.14	0.12	0.12	0.10	0.10	0.13	0.15	0.14	0.08	0.10	0.12	0.15	0.10	0.12	0.14	0.13	0.14	0.12	0.15	0.14
0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
0.12	0.15	0.05	0.09	0.04	0.04	0.17	0.08	0.11	0.09	0.06	0.04	0.09	0.13	0.04	0.11	0.08	0.08	0.12	0.06	0.05	0.08	0.09	0.09	0.14	0.04	0.06	0.09	0.13	0.16	0.13	0.13	0.08	0.08	0.09
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.51	0.48	0.67	0.71	0.95	0.62	0.85	0.48	1.01	0.72	1.10	1.08	0.98	0.46	0.81	1.06	0.53	0.78	1.08	0.64	1.01	0.55	0.99	0.57	0.49	0.72	0.95	0.99	1.10	1.11	0.99	1.00	0.54	0.76	1.06
0.73	0.83	1.19	1.10	0.87	0.72	1.10	0.69	0.72	0.83	0.75	0.77	1.15	1.09	1.00	1.20	0.96	0.86	1.01	1.00	0.67	1.01	0.70	0.95	1.08	1.04	0.79	1.15	1.04	1.18	0.88	1.00	0.83	1.24	1.06
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6.35	6.59	7.07	5.09	6.01	5.01	5.22	4.52	6.23	4.30	6.01	7.85	5.35	5.72	5.76	7.44	5.77	6.00	4.65	5.40	4.52	4.55	6.50	5.76	4.46	4.96	7.39	5.67	4.82	6.74	4.59	7.25	5.94	6.46	5.51

96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
2.88	1.14	1.84	2.94	0.92	0.69	2.07	2.84	3.09	2.97	3.36	3.17	2.06	1.65	2.00	0.56	3.21	2.98	0.93	0.96	2.01	2.53	2.06	3.23	1.94	1.42	1.49	1.66	3.24	1.59	1.91	1.31	3.37	1.60	2.29
0.08	0.16	0.15	0.09	0.14	0.10	0.14	0.07	0.14	0.09	0.10	0.17	0.13	0.14	0.15	0.09	0.10	0.10	0.07	0.13	0.10	0.08	0.08	0.14	0.09	0.08	0.12	0.10	0.09	0.10	0.09	0.16	0.14	0.09	0.13
0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	
1.24	1.35	1.29	1.67	1.79	1.02	1.79	1.15	1.70	1.51	1.76	1.02	1.52	1.42	1.12	1.78	1.78	1.82	1.61	1.54	1.04	1.04	1.48	1.75	1.86	1.80	1.83	1.58	1.04	1.49	1.15	1.12	1.71	1.67	1.00
0.35	0.23	0.24	0.21	0.26	0.23	0.26	0.33	0.17	0.15	0.35	0.25	0.15	0.22	0.19	0.21	0.24	0.28	0.31	0.17	0.23	0.25	0.15	0.28	0.18	0.36	0.35	0.35	0.25	0.17	0.24	0.35	0.32	0.21	0.31
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.08	0.08	0.15	0.16	0.09	0.09	0.14	0.10	0.12	0.10	0.14	0.10	0.09	0.13	0.10	0.12	0.08	0.12	0.13	0.15	0.14	0.10	0.14	0.10	0.10	0.13	0.16	0.13	0.14	0.08	0.14	0.09	0.13	0.09	0.08
0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.10	0.15	0.12	0.04	0.07	0.13	0.13	0.11	0.14	0.04	0.13	0.12	0.10	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.04	0.08	0.11	0.06	0.14	0.05	0.10	0.06	0.09	0.10	0.12	0.05	0.12	0.16	0.08	0.07	0.10
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.67	0.86	0.86	0.98	0.67	0.61	0.63	0.75	0.76	0.68	0.56	0.62	0.62	0.76	1.01	0.79	0.55	0.68	0.84	0.49	0.51	0.80	0.70	0.75	0.73	1.06	1.05	1.08	0.79	0.88	0.88	0.60	1.02	0.80	0.92
0.97	1.22	0.91	0.80	1.14	0.94	1.21	0.71	0.83	1.18	0.79	1.01	1.08	0.88	1.23	0.95	1.10	0.66	0.73	1.12	0.92	0.73	0.84	0.87	0.75	0.69	1.22	1.13	0.79	0.91	1.13	1.00	0.95	0.68	0.77
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6.43	5.22	5.61	6.93	5.14	3.88	6.43	6.10	6.99	6.75	7.26	6.51	5.80	5.39	5.96	4.63	7.17	6.75	4.72	4.68	5.11	5.63	5.64	7.21	5.77	5.62	6.38	6.17	6.49	5.32	5.70	4.82	7.75	5.25	5.65

131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
1.66	2.20	3.14	1.96	1.91	3.28	3.21	2.97	1.33	1.72	2.72	0.68	3.36	1.75	3.20	3.40	1.76	1.09	0.79	2.84	0.97	1.73	1.71	1.91	1.92	2.95	2.86	2.17	2.46	2.71	0.86	3.43	3.30	1.43	2.36
0.14	0.10	0.17	0.09	0.16	0.11	0.16	0.18	0.15	0.13	0.08	0.16	0.13	0.09	0.13	0.07	0.12	0.14	0.11	0.12	0.06	0.17	0.12	0.08	0.16	0.07	0.13	0.09	0.14	0.15	0.12	0.14	0.12	0.08	0.08
0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01
1.88	1.02	1.22	1.35	1.48	1.23	1.77	1.46	1.79	1.76	1.70	1.43	1.00	1.31	1.61	1.42	1.22	1.85	1.03	1.21	1.58	1.36	1.83	1.67	1.34	1.55	1.32	1.59	1.55	1.75	1.02	1.25	1.88	1.88	1.00
0.23	0.32	0.17	0.17	0.28	0.19	0.27	0.21	0.25	0.31	0.35	0.28	0.29	0.16	0.25	0.23	0.24	0.23	0.15	0.32	0.35	0.14	0.23	0.20	0.28	0.34	0.30	0.19	0.29	0.21	0.24	0.34	0.23	0.18	0.18
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
0.14	0.11	0.13	0.10	0.15	0.08	0.14	0.11	0.11	0.12	0.13	0.10	0.16	0.08	0.12	0.10	0.10	0.15	0.10	0.16	0.09	0.09	0.14	0.15	0.15	0.14	0.14	0.15	0.12	0.13	0.10	0.15	0.08	0.16	0.12
0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01
0.04	0.08	0.06	0.10	0.05	0.07	0.06	0.07	0.15	0.09	0.14	0.08	0.11	0.14	0.11	0.04	0.05	0.07	0.15	0.11	0.05	0.04	0.09	0.07	0.10	0.13	0.09	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.16	0.17	0.04
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.79	0.60	0.60	0.52	0.61	0.79	0.76	0.58	0.96	0.94	0.85	0.60	0.69	1.02	0.79	0.97	0.91	0.91	0.53	0.49	0.98	0.74	0.65	0.74	0.80	0.76	0.95	0.99	0.90	1.05	0.96	0.68	0.99	0.81	0.67
1.04	1.23	0.87	0.84	0.73	1.12	0.91	1.11	0.74	0.68	0.81	0.82	0.81	1.10	0.90	1.03	1.04	0.79	0.83	1.14	1.03	1.03	1.22	1.06	1.13	0.92	0.82	1.02	0.67	0.67	0.66	1.24	0.66	1.11	0.95
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5.99	5.71	6.40	5.18	5.40	6.92	7.35	6.74	5.52	5.79	6.84	4.20	6.60	5.70	7.15	7.31	5.49	5.26	3.72	6.42	5.16	5.37	6.04	5.93	5.92	6.90	6.64	6.39	6.29	6.86	4.16	7.42	7.46	5.85	5.46

166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
1.97	2.02	1.96	0.85	2.32	2.66	2.16	1.06	2.08	2.63	2.95	0.69	2.71	2.64	0.58	2.45	2.75	1.58	2.98	0.92	2.59	1.40	2.60	2.99	1.12	3.00	1.73	0.73	1.92	1.28	3.11	1.00	2.11	0.89	2.88
0.06	0.08	0.10	0.17	0.15	0.07	0.07	0.12	0.16	0.18	0.16	0.11	0.09	0.13	0.18	0.15	0.06	0.16	0.18	0.17	0.17	0.18	0.09	0.11	0.16	0.12	0.17	0.07	0.06	0.13	0.10	0.08	0.15	0.14	0.14
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
1.23	1.68	1.18	1.50	1.42	1.18	1.05	1.16	1.55	1.09	1.73	1.76	1.05	1.59	1.78	1.53	1.05	1.81	1.79	1.89	1.81	1.56	1.68	1.89	1.57	1.19	1.87	1.52	1.10	1.51	1.44	1.30	1.72	1.43	
0.16	0.25	0.32	0.16	0.22	0.17	0.19	0.19	0.17	0.16	0.19	0.23	0.21	0.24	0.22	0.26	0.20	0.33	0.33	0.35	0.15	0.20	0.17	0.17	0.34	0.24	0.30	0.34	0.31	0.16	0.18	0.34	0.20	0.30	0.35
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	
0.14	0.09	0.12	0.09	0.16	0.14	0.09	0.16	0.09	0.15	0.12	0.12	0.08	0.11	0.11	0.09	0.12	0.14	0.10	0.12	0.09	0.14	0.10	0.16	0.14	0.12	0.15	0.08	0.16	0.12	0.10	0.12	0.10	0.10	0.15
0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	
0.16	0.11	0.12	0.10	0.10	0.05	0.13	0.12	0.07	0.13	0.05	0.10	0.16	0.10	0.10	0.08	0.06	0.06	0.06	0.04	0.08	0.16	0.16	0.10	0.06	0.10	0.11	0.12	0.12	0.15	0.11	0.16	0.05	0.12	0.05
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.56	0.50	0.54	1.01	0.96	0.98	0.80	0.89	1.03	0.79	0.81	1.08	0.78	1.04	0.97	0.98	0.88	0.65	0.79	0.92	0.49	0.52	0.74	1.00	0.60	0.87	0.63	0.63	0.72	0.96	0.54	1.00	1.08	0.89	0.50
1.12	1.12	0.98	1.07	1.03	0.95	1.23	1.22	0.84	1.23	1.04	1.12	0.76	0.68	1.21	1.22	0.95	1.15	1.19	0.66	1.22	0.84	1.21	0.82	1.14	1.17	1.08	0.90	0.72	0.93	0.97	0.82	1.17	0.85	0.79
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5.44	5.89	5.35	4.99	6.40	6.26	5.77	4.95	6.06	6.44	7.07	5.25	5.89	6.57	5.18	6.80	6.13	5.95	7.45	5.03	6.73	5.30	6.67	7.07	5.49	7.22	5.42	4.77	5.57	4.88	6.65	5.03	6.19	5.04	6.32

201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	
1.05	0.81	1.79	2.58	3.10	1.37	3.44	3.42	1.38	2.19	1.39	2.99	3.07	1.94	1.38	2.04	2.30	1.39	1.95	3.42	2.67	1.14	1.04	1.91	3.31	0.87	0.62	0.72	2.59	1.59	3.02	1.60	2.03	0.92	2.79	
0.08	0.09	0.09	0.11	0.15	0.16	0.09	0.14	0.09	0.17	0.16	0.18	0.16	0.16	0.15	0.15	0.12	0.15	0.08	0.07	0.12	0.16	0.09	0.18	0.07	0.16	0.13	0.09	0.12	0.15	0.06	0.07	0.14	0.09	0.16	
0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	
1.56	1.34	1.05	1.68	1.78	1.89	1.57	1.07	1.49	1.69	1.37	1.10	1.83	1.02	1.57	1.02	1.88	1.44	1.46	1.16	1.62	1.70	1.27	1.13	1.61	1.85	1.64	1.31	1.77	1.58	1.80	1.57	1.27	1.88	1.32	
0.31	0.35	0.16	0.24	0.21	0.32	0.24	0.30	0.15	0.29	0.18	0.35	0.20	0.34	0.23	0.32	0.15	0.36	0.32	0.29	0.29	0.20	0.26	0.29	0.28	0.17	0.26	0.26	0.22	0.33	0.26	0.24	0.28	0.29	0.15	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	
0.12	0.14	0.15	0.11	0.10	0.13	0.13	0.12	0.08	0.15	0.12	0.10	0.10	0.09	0.12	0.16	0.08	0.12	0.08	0.11	0.12	0.14	0.13	0.12	0.08	0.10	0.14	0.09	0.13	0.10	0.16	0.14	0.16	0.12	0.11	
0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
0.15	0.06	0.13	0.04	0.04	0.14	0.08	0.05	0.08	0.16	0.16	0.17	0.11	0.15	0.10	0.12	0.16	0.16	0.10	0.08	0.07	0.09	0.08	0.09	0.11	0.07	0.13	0.14	0.13	0.16	0.04	0.06	0.05	0.10	0.15	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
0.59	0.92	0.74	0.77	0.75	0.54	0.50	0.50	0.48	1.05	0.46	1.08	0.95	0.91	0.66	0.63	0.68	0.56	1.04	0.66	0.53	0.60	0.57	0.92	0.87	0.74	0.57	0.56	0.69	0.57	0.82	1.09	0.53	0.74	1.02	
0.78	0.85	1.04	1.17	1.01	0.88	0.78	0.70	0.88	1.11	0.67	0.85	0.77	1.06	1.10	0.84	0.77	0.69	0.68	1.14	0.84	0.80	1.04	0.70	1.16	0.70	0.78	1.00	1.10	1.21	1.11	0.75	1.08	1.21	0.95	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
4.69	4.61	5.18	6.73	7.21	5.46	6.88	6.35	4.70	6.84	4.56	6.87	7.25	5.73	5.36	5.33	6.21	4.91	5.75	6.96	6.29	4.88	4.54	5.38	7.54	4.70	4.31	4.23	6.80	5.75	7.31	5.56	5.58	5.41	6.68	

236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	Promedio	Desv	Std	UCL	LCL	Retraso
1.16	1.17	2.97	2.91	2.90	1.40	2.03	2.79	1.16	2.29	2.52	0.96	3.19	0.75	1.07	3.25	3.15	2.00	0.83	2.83	1.17	57	23%
0.14	0.07	0.15	0.07	0.17	0.12	0.17	0.12	0.09	0.07	0.18	0.09	0.10	0.10	0.09	0.13	0.18	0.12	0.04	0.16	0.08	53	21%
0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	45	18%
1.06	1.40	1.32	1.16	1.24	1.18	1.46	1.35	1.29	1.46	1.36	1.38	1.83	1.00	1.30	1.11	1.87	1.45	0.27	1.72	1.18	53	21%
0.36	0.25	0.24	0.17	0.23	0.35	0.30	0.33	0.20	0.24	0.18	0.18	0.23	0.18	0.27	0.32	0.22	0.25	0.06	0.32	0.19	54	21%
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	47	19%
0.13	0.12	0.14	0.08	0.14	0.09	0.16	0.09	0.09	0.16	0.14	0.08	0.09	0.11	0.08	0.08	0.10	0.12	0.02	0.14	0.09	53	21%
0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	46	18%
0.15	0.13	0.10	0.09	0.06	0.13	0.14	0.08	0.15	0.14	0.10	0.05	0.04	0.09	0.06	0.11	0.12	0.10	0.04	0.14	0.06	49	19%
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	61	24%
0.63	1.00	0.52	0.50	0.47	1.10	0.50	0.61	0.69	0.87	0.65	0.94	1.02	0.72	0.99	1.10	1.08	0.78	0.19	0.97	0.59	60	24%
1.21	1.05	0.90	1.15	1.04	0.94	0.76	0.91	0.79	0.96	1.09	0.69	1.02	0.80	0.91	0.81	0.93	0.95	0.17	1.13	0.78	50	20%
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	72	29%

Anexo 3: Tiempos Propuesta Mejora Parte 1

Tiempos por procesos de bobina																										
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Bobina de tela en espera de teñido	1.66	2.65	1.09	1.25	0.67	0.75	2.25	2.62	2.11	1.65	2.48	2.65	2.64	1.74	1.61	1.30	1.48	0.60	1.07	2.31	1.59	1.08	0.83	1.69	0.70	1.85
Teñido	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
traslado de bobina para reposo	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Reposo	0.78	0.93	0.95	0.68	0.71	0.68	0.63	0.59	0.81	0.74	0.70	0.72	0.86	0.64	0.95	0.81	0.64	0.64	0.70	0.97	0.69	0.80	0.88	0.94	0.66	0.75
Rollo de tela en espera de lavado teñido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Lavado teñido	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.10	0.08	0.09	0.08	0.08	0.10
Traslado de rollo de tela para secado	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Rollo de tela en espera de de secado	0.16	0.19	0.14	0.15	0.13	0.14	0.12	0.15	0.11	0.19	0.13	0.19	0.13	0.14	0.21	0.13	0.15	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.19	0.12
Secado	0.09	0.11	0.14	0.08	0.04	0.09	0.12	0.11	0.12	0.13	0.06	0.14	0.07	0.07	0.04	0.09	0.12	0.15	0.06	0.13	0.05	0.15	0.12	0.12	0.09	0.14
Traslado de bobina para su revisión	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Bobina en espera para su revisión	1.66	2.63	1.69	2.16	1.58	0.55	2.79	0.77	0.75	2.09	1.20	1.91	1.54	1.35	2.81	0.52	2.32	2.23	1.04	2.79	1.30	1.86	1.09	2.61	0.81	1.17
Revisión de tela teñida	0.07	0.04	0.08	0.11	0.07	0.05	0.09	0.11	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.08	0.07	0.07	0.11	0.11	0.06	0.07	0.09	0.05	0.11	0.07
Traslado de bobina para impregnado	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	4.60	6.74	4.26	4.59	3.37	2.44	6.17	4.52	4.14	5.05	4.81	5.83	5.48	4.17	5.87	3.10	4.95	3.99	3.26	6.60	3.99	4.25	3.30	5.71	2.73	4.29

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
2.73	1.71	2.55	1.56	1.99	2.32	0.59	0.63	2.55	2.18	2.73	2.30	0.93	1.02	1.72	1.75	2.12	1.12	2.29	2.42	1.49	2.61	0.75	1.84	1.96	1.42	2.48	2.10	2.50	1.54	1.83	0.77	0.70	1.24	1.70
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	
0.65	0.87	0.71	0.95	0.93	0.66	0.94	0.75	0.79	0.62	0.71	0.90	0.75	0.59	0.95	0.81	0.92	0.82	0.85	0.88	0.66	0.75	0.95	0.75	0.97	0.82	0.62	0.74	0.79	0.85	0.79	0.78	0.79	0.73	0.78
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.10	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.09
0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
0.12	0.19	0.14	0.21	0.17	0.20	0.19	0.20	0.19	0.19	0.12	0.18	0.12	0.12	0.13	0.16	0.18	0.19	0.20	0.19	0.17	0.14	0.13	0.18	0.15	0.14	0.13	0.17	0.20	0.15	0.11	0.12	0.18	0.20	0.17
0.09	0.12	0.07	0.09	0.05	0.07	0.11	0.12	0.06	0.15	0.12	0.06	0.06	0.12	0.15	0.09	0.15	0.04	0.12	0.14	0.05	0.12	0.05	0.10	0.04	0.11	0.05	0.04	0.10	0.12	0.05	0.08	0.05	0.11	0.09
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.68	2.48	2.55	1.86	0.53	2.84	1.17	2.24	1.99	0.69	2.08	2.71	2.68	1.14	1.65	1.90	2.47	2.18	1.09	2.77	1.22	1.17	1.42	0.49	0.48	0.84	2.18	1.53	0.95	1.76	2.46	0.63	2.21	2.55	1.89
0.05	0.06	0.05	0.06	0.07	0.11	0.05	0.12	0.06	0.05	0.03	0.08	0.07	0.10	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06	0.07	0.10	0.12	0.03	0.07	0.04	0.04	0.07	0.06	0.11	0.03	0.09
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4.49	5.61	6.24	4.90	3.92	6.38	3.22	4.25	5.83	4.07	5.98	6.40	4.79	3.27	4.83	4.94	6.09	4.58	4.80	6.63	3.82	5.01	3.54	3.62	3.88	3.61	5.67	4.83	4.76	4.61	5.48	2.62	4.22	5.03	4.91

61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
1.17	2.25	0.80	1.34	2.36	1.13	0.61	1.36	1.47	1.42	2.37	0.99	0.76	1.08	2.25	0.67	1.17	2.23	0.90	1.56	1.06	1.67	2.39	2.24	0.67	1.15	2.64	2.41	1.12	0.87	2.35	1.55	1.38	1.86	1.91
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	
0.76	0.67	0.91	0.89	0.85	0.70	0.83	0.78	0.63	0.65	0.80	0.85	0.88	0.69	0.78	0.81	0.94	0.73	0.87	0.90	0.96	0.71	0.71	0.93	0.91	0.61	0.74	0.60	0.86	0.86	0.84	0.91	0.94	0.66	0.62
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.08	0.10
0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.19	0.12	0.16	0.15	0.13	0.19	0.13	0.20	0.13	0.12	0.16	0.14	0.19	0.19	0.17	0.15	0.16	0.15	0.13	0.18	0.20	0.12	0.11	0.12	0.16	0.15	0.14	0.13	0.18	0.14	0.12	0.20	0.13	0.15	0.12
0.10	0.04	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.10	0.09	0.12	0.06	0.10	0.11	0.11	0.13	0.06	0.11	0.11	0.12	0.04	0.08	0.12	0.11	0.14	0.11	0.05	0.12	0.15	0.14	0.07	0.05	0.13	0.11	0.11	0.10
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.52	1.67	1.76	0.74	1.14	2.56	1.08	2.21	1.98	2.82	1.32	2.41	2.00	1.13	1.76	0.96	0.48	1.05	1.35	2.22	1.18	2.39	1.00	2.43	0.98	1.41	2.55	0.80	1.16	1.55	0.48	1.69	2.35	2.33	2.48
0.06	0.07	0.07	0.07	0.05	0.03	0.10	0.05	0.02	0.06	0.03	0.12	0.02	0.11	0.07	0.09	0.11	0.10	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.06	0.05	0.11	0.07	0.04	0.08	0.07	0.11	0.07	0.03	0.03
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4.98	5.01	3.92	3.44	4.77	4.84	2.99	4.89	4.50	5.36	4.91	4.78	4.14	3.50	5.34	2.92	3.15	4.55	3.63	5.17	3.75	5.28	4.60	6.11	3.04	3.61	6.48	4.33	3.67	3.74	4.08	4.76	5.16	5.31	5.43

96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
2.29	1.23	2.41	0.59	2.24	2.55	1.75	2.28	1.30	2.57	0.67	0.65	2.16	2.09	2.17	1.39	2.51	0.60	2.64	1.22	2.73	1.89	1.30	2.32	1.95	1.45	2.24	2.68	1.45	2.68	2.41	1.85	1.80	1.90	2.17
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
0.88	0.83	0.66	0.79	0.67	0.72	0.81	0.75	0.85	0.60	0.81	0.80	0.65	0.85	0.60	0.93	0.78	0.87	0.92	0.75	0.92	0.70	0.84	0.77	0.60	0.60	0.70	0.73	0.77	0.64	0.72	0.77	0.66	0.74	0.72
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.09	0.09	0.09	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10	0.10	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
0.19	0.12	0.20	0.12	0.16	0.13	0.15	0.16	0.15	0.18	0.13	0.17	0.18	0.17	0.16	0.15	0.13	0.15	0.11	0.16	0.17	0.19	0.17	0.15	0.16	0.11	0.16	0.11	0.15	0.13	0.20	0.21	0.20	0.14	0.21
0.15	0.11	0.14	0.14	0.13	0.14	0.08	0.13	0.15	0.10	0.05	0.09	0.06	0.09	0.05	0.07	0.09	0.08	0.09	0.11	0.04	0.15	0.05	0.15	0.11	0.05	0.12	0.08	0.11	0.08	0.08	0.04	0.12	0.10	0.05
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1.88	2.69	1.32	2.45	2.15	1.49	0.57	1.03	0.61	2.58	2.41	1.11	1.54	0.49	2.30	2.38	0.79	1.34	1.88	1.62	0.97	1.62	1.15	2.00	1.14	0.92	0.64	1.27	1.87	1.29	0.65	0.78	2.47	1.24	1.04
0.10	0.08	0.08	0.11	0.10	0.07	0.08	0.07	0.03	0.05	0.07	0.07	0.05	0.10	0.10	0.08	0.11	0.09	0.10	0.06	0.09	0.05	0.11	0.05	0.08	0.11	0.04	0.11	0.11	0.05	0.08	0.03	0.11	0.05	0.03
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5.67	5.23	4.99	4.39	5.63	5.28	3.61	4.59	3.27	6.27	4.32	3.06	4.81	3.95	5.55	5.16	4.61	3.32	5.91	4.10	5.08	4.78	3.80	5.62	4.22	3.41	4.06	5.15	4.64	5.07	4.31	3.84	5.53	4.36	4.39

131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
0.60	2.72	2.49	2.33	1.72	0.71	1.28	1.36	2.38	2.36	2.46	1.53	0.69	1.66	0.65	2.25	1.96	1.50	2.33	1.22	1.11	1.13	1.73	2.27	2.56	0.66	2.24	1.22	1.96	2.49	1.42	2.44	0.98	1.84	0.83
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
0.78	0.60	0.96	0.82	0.89	0.86	0.95	0.60	0.78	0.74	0.66	0.73	0.77	0.65	0.69	0.64	0.83	0.91	0.78	0.87	0.77	0.65	0.60	0.92	0.72	0.91	0.66	0.93	0.95	0.82	0.82	0.86	0.73	0.89	0.97
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.08	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09
0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
0.21	0.12	0.20	0.16	0.19	0.18	0.20	0.12	0.15	0.20	0.11	0.13	0.20	0.19	0.17	0.12	0.15	0.12	0.11	0.14	0.20	0.14	0.12	0.20	0.13	0.17	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12	0.15	0.12	0.15	0.20
0.08	0.13	0.12	0.06	0.12	0.11	0.06	0.08	0.08	0.07	0.11	0.11	0.12	0.10	0.06	0.05	0.07	0.13	0.09	0.15	0.07	0.11	0.10	0.09	0.04	0.05	0.06	0.04	0.10	0.11	0.10	0.09	0.05	0.13	0.11
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.41	2.23	2.61	1.63	1.79	2.63	2.16	1.60	1.96	1.25	0.78	0.71	1.85	1.87	1.76	0.88	1.88	1.25	2.62	1.31	2.16	2.01	0.72	1.28	1.93	1.07	2.71	2.51	2.01	1.71	2.59	2.16	1.19	1.41	1.96
0.05	0.05	0.06	0.04	0.07	0.02	0.11	0.05	0.09	0.11	0.09	0.03	0.10	0.03	0.11	0.03	0.03	0.05	0.02	0.05	0.07	0.12	0.11	0.11	0.05	0.06	0.06	0.09	0.07	0.07	0.03	0.03	0.07	0.08	0.05
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4.30	6.03	6.62	5.22	4.95	4.68	4.94	4.00	5.61	4.91	4.39	3.43	3.90	4.68	3.61	4.15	5.09	4.14	6.13	3.92	4.57	4.32	3.55	5.04	5.60	3.12	6.05	5.13	5.40	5.50	5.25	5.90	3.31	4.67	4.30

166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
0.72	2.54	1.35	1.88	2.67	2.39	0.95	1.63	1.22	1.88	1.50	1.50	2.74	1.35	0.58	2.23	1.56	2.61	0.68	1.19	2.04	2.31	1.99	1.22	0.66	1.12	1.56	2.11	1.20	1.52	0.97	2.38	1.12	0.94	0.87
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
0.82	0.60	0.65	0.69	0.94	0.85	0.83	0.63	0.89	0.65	0.87	0.90	0.61	0.77	0.70	0.60	0.63	0.79	0.90	0.88	0.76	0.89	0.68	0.92	0.90	0.69	0.69	0.86	0.78	0.64	0.76	0.96	0.88	0.71	0.61
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.08	0.09	0.08	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.08	0.08	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09
0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
0.14	0.13	0.19	0.19	0.20	0.12	0.14	0.12	0.21	0.13	0.12	0.20	0.20	0.19	0.15	0.13	0.14	0.15	0.14	0.16	0.18	0.19	0.11	0.14	0.13	0.19	0.12	0.18	0.14	0.16	0.18	0.17	0.17	0.14	0.17
0.14	0.04	0.07	0.08	0.04	0.05	0.06	0.09	0.08	0.10	0.09	0.13	0.09	0.07	0.11	0.07	0.08	0.06	0.14	0.14	0.09	0.05	0.12	0.13	0.07	0.08	0.14	0.08	0.11	0.12	0.13	0.03	0.03	0.09	0.12
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.25	0.98	1.29	2.42	0.52	0.94	1.41	2.41	1.40	1.16	2.40	1.38	2.76	0.51	1.19	2.29	2.07	1.73	0.83	1.92	1.24	2.68	0.52	1.39	2.59	2.36	2.57	0.94	2.71	2.11	1.97	2.72	0.68	2.40	0.67
0.10	0.08	0.08	0.04	0.09	0.09	0.06	0.11	0.04	0.12	0.05	0.03	0.09	0.11	0.04	0.11	0.10	0.03	0.05	0.02	0.02	0.05	0.08	0.06	0.05	0.11	0.07	0.03	0.12	0.04	0.09	0.09	0.07	0.07	0.10
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4.33	4.54	3.80	5.50	4.64	4.62	3.64	5.17	4.00	4.21	5.21	4.33	6.66	3.20	2.95	5.60	4.76	5.56	2.91	4.49	4.51	6.34	3.68	4.02	4.58	4.71	5.31	4.38	5.25	4.76	4.29	6.54	3.14	4.51	2.74

201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235
0.78	1.19	2.18	1.39	0.90	1.17	1.45	1.46	1.98	1.50	2.52	1.28	0.90	1.61	1.45	0.62	1.39	1.61	0.65	1.58	2.15	2.34	1.53	1.23	0.94	2.64	1.79	1.56	1.36	1.33	1.96	2.60	0.76	2.31	1.44
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
0.95	0.71	0.60	0.63	0.63	0.87	0.75	0.69	0.88	0.81	0.61	0.71	0.75	0.75	0.71	0.60	0.69	0.91	0.70	0.90	0.88	0.86	0.93	0.88	0.81	0.80	0.77	0.60	0.88	0.74	0.96	0.81	0.90	0.70	0.74
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09
0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
0.14	0.12	0.18	0.18	0.14	0.19	0.16	0.18	0.13	0.19	0.16	0.14	0.20	0.14	0.13	0.18	0.13	0.16	0.11	0.20	0.17	0.19	0.15	0.16	0.18	0.13	0.12	0.19	0.15	0.20	0.19	0.16	0.19	0.14	0.20
0.12	0.15	0.05	0.13	0.04	0.06	0.09	0.05	0.12	0.08	0.12	0.04	0.10	0.11	0.10	0.10	0.13	0.13	0.04	0.08	0.14	0.13	0.08	0.04	0.09	0.04	0.07	0.09	0.15	0.12	0.04	0.06	0.05	0.07	0.04
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.47	1.60	2.23	2.38	1.25	1.04	0.61	1.04	1.62	1.53	2.59	1.42	2.71	2.75	1.60	1.15	2.57	2.30	2.46	2.61	1.95	2.02	0.62	0.58	1.42	2.29	0.66	1.64	1.73	2.52	1.90	1.84	0.72	1.46	1.83
0.09	0.07	0.08	0.10	0.07	0.11	0.06	0.07	0.07	0.06	0.04	0.11	0.07	0.10	0.10	0.05	0.07	0.06	0.11	0.06	0.10	0.11	0.02	0.09	0.05	0.11	0.07	0.03	0.08	0.12	0.11	0.11	0.10	0.07	0.10
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.72	4.01	5.50	4.99	3.21	3.62	3.30	3.67	4.97	4.35	6.22	3.88	4.91	5.63	4.25	2.88	5.17	5.34	4.26	5.62	5.56	5.82	3.50	3.15	3.66	6.19	3.66	4.28	4.51	5.20	5.34	5.73	2.88	4.92	4.54

236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
1.64	2.12	1.94	1.16	1.37	1.79	1.40	2.24	2.58	1.35	0.61	1.25	2.76	2.33	1.25	1.03	1.08
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
0.96	0.86	0.92	0.78	0.69	0.86	0.68	0.88	0.90	0.96	0.92	0.66	0.71	0.79	0.91	0.64	0.81
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10
0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
0.13	0.13	0.16	0.12	0.14	0.11	0.17	0.11	0.14	0.19	0.19	0.17	0.18	0.13	0.13	0.17	0.12
0.06	0.12	0.06	0.05	0.09	0.08	0.07	0.14	0.09	0.13	0.12	0.08	0.10	0.13	0.07	0.10	0.13
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.42	0.89	1.76	0.70	2.66	0.85	2.65	0.82	1.57	1.30	1.19	0.60	2.33	1.97	1.94	1.14	2.00
0.10	0.11	0.10	0.07	0.09	0.11	0.07	0.11	0.10	0.03	0.09	0.08	0.05	0.10	0.07	0.08	0.10
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5.49	4.40	5.10	3.05	5.21	3.98	5.23	4.49	5.55	4.13	3.30	3.01	6.30	5.61	4.52	3.34	4.42

Anexo 4: Tiempos Propuesta Mejora Parte 2

Tiempos por procesos de bobina																									
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Bobina de tela en espera de teñido	1.20	1.38	1.37	1.14	1.10	1.22	1.11	1.31	1.13	1.35	1.07	1.38	1.15	1.36	1.23	1.28	1.09	1.34	1.18	1.15	1.20	1.14	1.22	1.39	1.23
Teñido	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
traslado de bobina para reposo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Reposo	0.78	0.76	0.90	0.93	0.72	0.72	0.87	0.72	0.97	0.97	0.68	0.96	0.73	0.65	0.93	0.96	0.77	0.70	0.70	0.85	0.77	0.90	0.87	0.71	0.95
Rollo de tela en espera de lavado teñido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Traslado de rollo de tela para lavado teñido	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Lavado teñido	0.09	0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.10	0.10	0.09	0.08	0.10	0.10	0.09	0.08
Traslado de rollo de tela para secado	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Rollo de tela en espera de de secado	0.16	0.19	0.18	0.14	0.11	0.17	0.11	0.17	0.14	0.16	0.12	0.13	0.17	0.14	0.12	0.15	0.14	0.19	0.18	0.20	0.18	0.16	0.14	0.15	0.18
Secado	0.09	0.07	0.11	0.12	0.06	0.12	0.12	0.13	0.08	0.10	0.11	0.10	0.08	0.09	0.12	0.14	0.12	0.11	0.15	0.06	0.15	0.08	0.09	0.10	0.05
Traslado de bobina para su revisión	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Bobina en espera para su revisión	1.20	1.22	1.17	1.18	1.20	1.22	1.13	1.26	1.28	1.23	1.27	1.13	1.14	1.15	1.18	1.28	1.19	1.19	1.22	1.16	1.20	1.15	1.16	1.24	1.22
Revisión de tela teñida	0.07	0.09	0.04	0.05	0.11	0.02	0.05	0.10	0.07	0.06	0.06	0.05	0.08	0.11	0.08	0.05	0.07	0.05	0.09	0.09	0.10	0.07	0.10	0.05	0.08
Traslado de bobina para impregnado	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Total por proceso	3.69	3.89	3.94	3.75	3.47	3.65	3.59	3.86	3.85	4.04	3.47	3.94	3.54	3.68	3.85	4.03	3.55	3.75	3.71	3.70	3.79	3.67	3.75	3.84	3.88

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1.09	1.24	1.30	1.16	1.10	1.15	1.26	1.29	1.37	1.20	1.30	1.23	1.20	1.24	1.16	1.28	1.05	1.04	1.03	1.38	1.15	1.22	1.30	1.14	1.18	1.28	1.04	1.04	1.10	1.27	1.05	1.35	1.33	1.38	1.30
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
0.64	0.79	0.67	0.80	0.87	0.60	0.95	0.71	0.60	0.86	0.93	0.65	0.59	0.61	0.59	0.71	0.84	0.67	0.67	0.78	0.59	0.81	0.85	0.68	0.83	0.88	0.90	0.77	0.85	0.78	0.67	0.69	0.64	0.72	0.60
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.10	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.08	0.08	0.10	0.10	0.09
0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
0.14	0.19	0.16	0.16	0.17	0.13	0.12	0.13	0.19	0.20	0.15	0.17	0.16	0.19	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.16	0.18	0.18	0.16	0.19	0.16	0.18	0.12	0.12	0.13	0.18	0.20	0.17	0.20	0.16	0.15
0.06	0.07	0.07	0.10	0.08	0.14	0.04	0.14	0.09	0.08	0.09	0.06	0.12	0.07	0.09	0.04	0.07	0.08	0.05	0.09	0.14	0.04	0.12	0.04	0.06	0.04	0.08	0.08	0.12	0.15	0.10	0.12	0.06	0.10	0.12
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1.28	1.19	1.20	1.21	1.21	1.24	1.20	1.23	1.22	1.21	1.18	1.22	1.16	1.20	1.24	1.26	1.28	1.12	1.19	1.13	1.27	1.23	1.13	1.15	1.26	1.15	1.28	1.23	1.25	1.25	1.16	1.22	1.20	1.27	1.14
0.06	0.07	0.05	0.03	0.11	0.02	0.04	0.05	0.10	0.06	0.08	0.10	0.02	0.09	0.05	0.05	0.06	0.02	0.04	0.10	0.06	0.04	0.04	0.03	0.09	0.03	0.04	0.05	0.05	0.09	0.06	0.07	0.06	0.11	0.11
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3.44	3.73	3.64	3.64	3.71	3.47	3.79	3.71	3.74	3.80	3.90	3.61	3.42	3.65	3.48	3.67	3.62	3.24	3.31	3.80	3.57	3.71	3.78	3.39	3.77	3.73	3.63	3.47	3.67	3.91	3.43	3.79	3.66	3.94	3.60

61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
1.31	1.01	1.32	1.04	1.35	1.33	1.34	1.30	1.10	1.07	1.22	1.21	1.05	1.18	1.37	1.07	1.18	1.05	1.21	1.03	1.19	1.05	1.33	1.25	1.16	1.20	1.06	1.24	1.03	1.33	1.23	1.37	1.33	1.28	1.14
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
0.92	0.86	0.80	0.78	0.73	0.61	0.60	0.91	0.93	0.66	0.94	0.90	0.93	0.91	0.96	0.94	0.83	0.69	0.86	0.70	0.74	0.82	0.62	0.81	0.82	0.85	0.90	0.79	0.96	0.76	0.87	0.75	0.86	0.92	0.65
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.10	0.08	0.08	0.09	0.09
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	
0.17	0.12	0.20	0.14	0.19	0.20	0.18	0.14	0.19	0.16	0.12	0.15	0.12	0.16	0.15	0.16	0.18	0.21	0.13	0.18	0.20	0.14	0.12	0.12	0.17	0.16	0.18	0.15	0.18	0.15	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13
0.08	0.04	0.06	0.13	0.06	0.12	0.10	0.04	0.08	0.08	0.10	0.04	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.13	0.15	0.07	0.10	0.14	0.09	0.11	0.13	0.09	0.12	0.05	0.09	0.13	0.10	0.05	0.15	0.09	0.09
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
1.28	1.18	1.28	1.27	1.21	1.15	1.19	1.15	1.21	1.28	1.21	1.22	1.16	1.23	1.12	1.19	1.18	1.16	1.27	1.24	1.25	1.20	1.13	1.20	1.18	1.24	1.15	1.15	1.25	1.17	1.22	1.20	1.26	1.24	1.27
0.05	0.08	0.08	0.05	0.03	0.10	0.08	0.05	0.10	0.07	0.11	0.05	0.08	0.07	0.08	0.10	0.10	0.06	0.10	0.02	0.04	0.07	0.08	0.07	0.02	0.07	0.05	0.09	0.08	0.08	0.02	0.10	0.04	0.06	0.06
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
3.99	3.47	3.92	3.58	3.75	3.70	3.67	3.76	3.80	3.50	3.89	3.75	3.61	3.80	3.93	3.69	3.69	3.47	3.88	3.42	3.71	3.58	3.53	3.74	3.66	3.79	3.64	3.64	3.75	3.81	3.77	3.78	3.94	3.90	3.51

96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
1.18	1.03	1.12	1.08	1.08	1.04	1.31	1.30	1.21	1.37	1.13	1.26	1.10	1.33	1.30	1.02	1.29	1.03	1.08	1.09	1.03	1.31	1.08	1.08	1.10	1.10	1.34	1.12	1.07	1.33	1.30	1.15	1.22	1.19	1.27
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
0.95	0.78	0.73	0.76	0.82	0.61	0.65	0.68	0.77	0.69	0.71	0.71	0.88	0.95	0.66	0.93	0.74	0.62	0.68	0.70	0.92	0.84	0.95	0.93	0.92	0.74	0.82	0.82	0.97	0.91	0.88	0.83	0.83	0.79	0.83
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.08	0.10	0.09	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08
0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
0.18	0.17	0.15	0.15	0.17	0.19	0.20	0.14	0.20	0.13	0.18	0.15	0.16	0.13	0.16	0.18	0.19	0.18	0.17	0.18	0.12	0.14	0.17	0.16	0.15	0.20	0.14	0.12	0.14	0.13	0.17	0.15	0.15	0.18	0.18
0.06	0.11	0.11	0.05	0.09	0.11	0.04	0.15	0.11	0.09	0.08	0.11	0.04	0.12	0.13	0.11	0.14	0.12	0.07	0.10	0.12	0.08	0.09	0.12	0.14	0.07	0.06	0.08	0.09	0.04	0.11	0.14	0.05	0.14	0.07
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1.23	1.19	1.12	1.18	1.14	1.18	1.23	1.26	1.17	1.23	1.22	1.20	1.21	1.13	1.18	1.25	1.16	1.16	1.18	1.21	1.28	1.16	1.27	1.16	1.26	1.14	1.12	1.14	1.25	1.22	1.27	1.20	1.26	1.13	1.25
0.06	0.03	0.05	0.06	0.11	0.04	0.10	0.04	0.04	0.11	0.10	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.11	0.03	0.03	0.11	0.08	0.11	0.06	0.03	0.10	0.11	0.04	0.12	0.02	0.03	0.09	0.10	0.09	0.04
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3.84	3.47	3.45	3.47	3.59	3.35	3.71	3.75	3.69	3.78	3.61	3.67	3.61	3.88	3.62	3.69	3.77	3.40	3.37	3.47	3.75	3.78	3.84	3.68	3.78	3.54	3.77	3.50	3.83	3.81	3.95	3.73	3.80	3.70	3.80

131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
1.22	1.17	1.30	1.37	1.07	1.05	1.13	1.39	1.12	1.38	1.18	1.01	1.07	1.21	1.06	1.26	1.33	1.38	1.08	1.14	1.16	1.10	1.27	1.37	1.37	1.36	1.04	1.14	1.31	1.27	1.28	1.37	1.14	1.38	1.38
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.85	0.89	0.81	0.83	0.78	0.92	0.83	0.69	0.66	0.73	0.60	0.65	0.94	0.92	0.79	0.76	0.60	0.93	0.71	0.64	0.64	0.77	0.62	0.97	0.60	0.72	0.80	0.81	0.62	0.61	0.79	0.76	0.89	0.89	0.77
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.08	0.09	0.08	0.10	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.08	0.10	0.10	0.08
0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
0.15	0.13	0.17	0.15	0.19	0.13	0.16	0.12	0.17	0.11	0.13	0.12	0.18	0.15	0.18	0.13	0.17	0.19	0.12	0.11	0.18	0.15	0.13	0.19	0.14	0.18	0.13	0.17	0.15	0.11	0.20	0.18	0.17	0.19	0.12
0.07	0.07	0.05	0.14	0.09	0.09	0.11	0.06	0.11	0.06	0.10	0.14	0.11	0.05	0.11	0.14	0.10	0.09	0.07	0.04	0.09	0.08	0.11	0.07	0.09	0.05	0.10	0.05	0.10	0.15	0.13	0.08	0.08	0.07	0.10
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1.24	1.12	1.25	1.25	1.19	1.25	1.26	1.17	1.27	1.13	1.25	1.24	1.15	1.20	1.24	1.24	1.19	1.16	1.27	1.17	1.12	1.24	1.13	1.17	1.25	1.18	1.20	1.25	1.21	1.22	1.13	1.14	1.28	1.20	1.25
0.03	0.05	0.07	0.03	0.08	0.11	0.09	0.07	0.08	0.05	0.02	0.07	0.02	0.09	0.11	0.02	0.11	0.07	0.10	0.03	0.04	0.03	0.09	0.03	0.04	0.08	0.03	0.10	0.07	0.10	0.06	0.11	0.08	0.02	0.04
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3.73	3.60	3.83	3.97	3.58	3.70	3.76	3.68	3.60	3.63	3.46	3.41	3.65	3.80	3.68	3.73	3.67	4.01	3.52	3.29	3.44	3.54	3.53	3.97	3.67	3.74	3.48	3.70	3.65	3.63	3.77	3.81	3.82	3.93	3.84

166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
1.08	1.05	1.16	1.18	1.23	1.25	1.38	1.03	1.14	1.27	1.06	1.34	1.07	1.08	1.04	1.09	1.28	1.05	1.09	1.23	1.06	1.32	1.17	1.20	1.38	1.03	1.03	1.37	1.01	1.04	1.15	1.38	1.28	1.31	1.18
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
0.96	0.80	0.97	0.96	0.96	0.64	0.85	0.73	0.93	0.96	0.86	0.94	0.91	0.84	0.90	0.68	0.62	0.85	0.91	0.84	0.63	0.75	0.89	0.81	0.63	0.79	0.87	0.88	0.80	0.70	0.67	0.63	0.62	0.95	0.68
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.08	0.08	0.10	0.10	0.08	0.10	0.08	0.09	0.10	0.10	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10
0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
0.19	0.17	0.15	0.20	0.12	0.20	0.17	0.19	0.12	0.16	0.13	0.16	0.18	0.12	0.18	0.13	0.14	0.17	0.19	0.16	0.13	0.20	0.19	0.12	0.18	0.18	0.14	0.18	0.19	0.14	0.18	0.11	0.17	0.13	0.16
0.04	0.06	0.12	0.08	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.04	0.05	0.14	0.13	0.14	0.06	0.04	0.05	0.12	0.12	0.15	0.14	0.06	0.06	0.10	0.06	0.07	0.07	0.13	0.04	0.10	0.09	0.15	0.08	0.05	0.06
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1.23	1.20	1.19	1.20	1.19	1.26	1.27	1.18	1.14	1.27	1.12	1.17	1.23	1.22	1.28	1.21	1.28	1.17	1.22	1.21	1.16	1.21	1.15	1.25	1.19	1.19	1.15	1.20	1.26	1.22	1.27	1.27	1.13	1.27	1.18
0.07	0.08	0.10	0.05	0.06	0.09	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	0.10	0.07	0.05	0.11	0.02	0.08	0.03	0.11	0.07	0.08	0.09	0.05	0.09	0.08	0.04	0.03	0.12	0.11	0.05	0.10	0.08	0.03	0.10	0.06
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3.74	3.53	3.87	3.84	3.86	3.75	4.02	3.48	3.67	3.97	3.46	4.03	3.76	3.62	3.76	3.36	3.62	3.57	3.84	3.83	3.38	3.80	3.70	3.75	3.70	3.47	3.44	4.04	3.61	3.43	3.64	3.79	3.49	3.97	3.51

201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235
1.15	1.37	1.40	1.27	1.28	1.31	1.32	1.23	1.05	1.28	1.32	1.37	1.21	1.36	1.30	1.12	1.02	1.02	1.19	1.14	1.06	1.14	1.36	1.36	1.39	1.02	1.26	1.23	1.33	1.24	1.03	1.32	1.13	1.22	1.08
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	
0.68	0.67	0.88	0.65	0.66	0.61	0.95	0.65	0.80	0.73	0.90	0.65	0.96	0.88	0.62	0.72	0.97	0.80	0.71	0.77	0.82	0.90	0.61	0.63	0.65	0.81	0.92	0.91	0.62	0.89	0.82	0.80	0.66	0.75	0.63
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
0.08	0.08	0.09	0.10	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.10
0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
0.20	0.18	0.15	0.14	0.19	0.15	0.16	0.19	0.19	0.16	0.20	0.14	0.13	0.13	0.13	0.17	0.11	0.16	0.13	0.11	0.14	0.11	0.13	0.20	0.15	0.18	0.20	0.11	0.13	0.12	0.13	0.11	0.17	0.18	0.16
0.13	0.11	0.13	0.10	0.13	0.14	0.06	0.08	0.08	0.13	0.12	0.13	0.05	0.05	0.04	0.11	0.06	0.09	0.15	0.13	0.08	0.11	0.13	0.09	0.11	0.04	0.11	0.04	0.09	0.08	0.11	0.12	0.05	0.08	0.05
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
1.23	1.28	1.26	1.25	1.13	1.16	1.26	1.17	1.17	1.17	1.12	1.17	1.13	1.26	1.12	1.17	1.13	1.23	1.14	1.26	1.18	1.26	1.15	1.17	1.14	1.18	1.29	1.19	1.25	1.15	1.22	1.13	1.22	1.17	1.16
0.06	0.08	0.07	0.08	0.11	0.05	0.02	0.12	0.12	0.03	0.09	0.03	0.10	0.06	0.09	0.03	0.02	0.06	0.10	0.10	0.11	0.11	0.04	0.07	0.08	0.07	0.11	0.03	0.07	0.06	0.09	0.07	0.03	0.10	0.09
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
3.63	3.85	4.06	3.67	3.67	3.61	3.95	3.63	3.57	3.69	3.93	3.66	3.76	3.92	3.47	3.50	3.50	3.53	3.59	3.69	3.56	3.80	3.61	3.71	3.71	3.48	4.07	3.71	3.65	3.71	3.55	3.72	3.43	3.69	3.36

236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
1.39	1.25	1.08	1.27	1.10	1.14	1.06	1.37	1.33	1.09	1.34	1.14	1.21	1.17	1.08	1.05	1.26
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
0.70	0.71	0.71	0.85	0.73	0.96	0.68	0.68	0.60	0.85	0.62	0.65	0.75	0.88	0.65	0.64	0.84
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.09
0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.13	0.18	0.15	0.12	0.17	0.20	0.15	0.18	0.17	0.13	0.15	0.18	0.18	0.19	0.12	0.16	0.12
0.11	0.12	0.12	0.07	0.08	0.06	0.13	0.08	0.04	0.14	0.09	0.07	0.11	0.06	0.10	0.05	0.07
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1.17	1.22	1.14	1.21	1.18	1.19	1.15	1.27	1.14	1.12	1.19	1.28	1.25	1.27	1.25	1.19	1.27
0.03	0.05	0.09	0.11	0.11	0.04	0.04	0.04	0.07	0.11	0.09	0.10	0.02	0.03	0.05	0.11	0.10
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3.71	3.70	3.47	3.80	3.55	3.76	3.40	3.78	3.53	3.61	3.68	3.60	3.70	3.78	3.42	3.38	3.83