

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN EL
ÁREA DE CONFECCIONES DE UNA EMPRESA TEXTIL**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Industrial**, que presentan los bachilleres:

Piero Alonzo Carbonel González
Miguel Santiago Prieto Solimano

ASESOR: Wilmer Atoche Díaz

Lima, julio de 2015

RESUMEN

El presente estudio tiene como principal objetivo mejorar la productividad del taller de Confecciones de una empresa textil, para ello se realizará un análisis, diagnóstico y desarrollo de propuestas de mejora con la finalidad de optimizar el proceso productivo y la utilización de la mano de obra.

Durante el análisis del caso de estudio, se determinó que el taller de Confecciones marca el ritmo de producción de la empresa al ser el área con la menor capacidad de procesamiento. A la vez, representa el mayor costo en remuneraciones de mano de obra y horas extras, así como la mayor cantidad de unidades pendientes de procesamiento. Al realizar el análisis detallado dentro del taller, encontramos diversas oportunidades de mejora como sobreproducción, excesos de inventarios en proceso que llegan al 70% de la producción mensual, flujo ineficiente y movimientos innecesarios, entre otros, siendo las causas principales un balance de capacidades inadecuado y una distribución de planta ineficiente.

Para mejorar esta situación se emplean las herramientas 5 S's, balance de línea en base al tiempo *pitch*, estudio de movimientos, cálculo de necesidades de espacio y redistribución de planta, finalmente se valida mediante una simulación por computadora. Los resultados más relevantes obtenidos son el incremento de la capacidad productiva en 19% en el taller, dejando de ser el cuello de botella de la empresa, reducción del 6.5% del tiempo de una operación crítica e incremento en la productividad de mano de obra de 12%. Además, se elimina al 100% el pago de horas extras. Estas mejoras se traducen en mayor capacidad, mejor nivel de servicio a los clientes, ahorro en el costo de mano de obra y mayor rentabilidad.

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚTEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial

ALUMNOS : **PIERO ALONZO CARBONEL GONZÁLEZ**
MIGUEL SANTIAGO PRIETO SOLIMANO

CÓDIGOS : 2009.0218.7.12
2009.0341.1.12

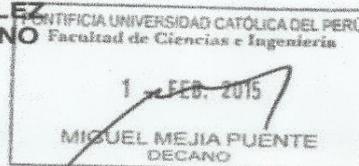
PROPUESTO POR : Ing. Wilmer J. Atoche Díaz

ASESOR : Ing. Wilmer J. Atoche Díaz

TEMA : ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN EL
ÁREA DE CONFECCIONES DE UNA EMPRESA TEXTIL.

Nº TEMA : 12 02

FECHA : San Miguel, 12 de febrero de 2015

**JUSTIFICACIÓN:**

De acuerdo a cifras oficiales del Ministerio de Producción, el sector textil ha representado sostenidamente el 10% del PBI manufacturero en los últimos años, a la vez, resaltan la capacidad inclusiva del sector, el cual es intensivo en mano de obra y genera el 27% de la PEA manufacturera¹, aproximadamente 215 mil empleos en el 2012². Esta cualidad de generar empleo significa también la necesidad de optimizar el uso de la misma debido a los costos asociados.

El presente estudio se realizará en una empresa manufacturera de confecciones. Esta empresa se encuentra en el mercado peruano por más de 25 años y es líder en el rubro con participación en el mercado local e internacional, pertenece al 0.7% de empresas medianas y grandes establecidas en el sector textil³.

¹ Ministerio de la Producción. (24 de Octubre de 2013). Sector textil es inclusivo y genera más de 6 mil millones de soles anuales de valor agregado. Lima, Lima, Perú.

² Ministerio de la Producción. (25 de Abril de 2012). Destacan importancia del sector textil confecciones. Lima, Lima, Perú.

³ Ministerio de la Producción. (25 de Abril de 2012). Destacan importancia del sector textil confecciones. Lima, Lima, Perú.

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

- 2 -

Desde hace unos años la empresa viene experimentando un crecimiento en su demanda gracias a una correcta gestión de ventas y por ofrecer productos de calidad valorada por su mercado objetivo, lo cual ha llevado a ampliar sus puntos de ventas propios y su presencia en conocidas tiendas por departamento a nivel local y nacional.

A partir de ello, se hace cada vez más complejo para la empresa satisfacer la demanda actual y colocar sus productos en las plazas correspondientes de manera óptima debido a que no ha logrado el planeamiento adecuado para asumir este nuevo reto del mercado. Se evidencia excesos de inventarios de productos terminados y productos en proceso, tiempos de espera, manipulaciones innecesarias e ineficiencias en el método productivo, entre otras situaciones por mejorar.

Dadas las condiciones actuales, la implementación de mejoras al proceso productivo generará beneficios significativos para la empresa, tanto en incremento de la productividad como en ahorro de costos de mano de obra.

OBJETIVO GENERAL:

Proponer y evaluar alternativas de mejora en el proceso de confección de pantalones de una empresa del sector textil en base a herramientas de Ingeniería Industrial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Estudiar casos de aplicación de herramientas de Ingeniería en empresas textiles y definir las *herramientas a emplear para la mejora de procesos*.
- Describir la empresa y las áreas involucradas en el proceso productivo de una prenda.
- Determinar y describir el área de estudio, realizar el análisis y diagnóstico de la situación actual.
- Proponer alternativas de mejora que permitan optimizar la utilización de recursos en el proceso de producción y reducir el tiempo de respuesta ofrecido por la empresa.
- Realizar y evaluar la evaluación económica de las alternativas propuestas.
- Elaborar conclusiones y recomendaciones significativas para una correcta implementación de las mejoras planteadas.

PUNTOS A TRATAR:

a. Marco Teórico.

Se analizarán los resultados de estudios previos en empresas del sector textil. Se realizarán las definiciones teóricas de las herramientas a emplear.

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000

www.pucp.edu.pe

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

- 3 -

b. Descripción de la empresa.

Se describirá la empresa y las áreas involucradas en el proceso de producción del pantalón, desde la concepción de la idea del diseño hasta la entrega al cliente.

c. Identificación y diagnóstico del área de estudio.

Se determinará el área a mejorar y se estudiará el proceso de confección del producto estrella de la empresa. Se realizará el diagnóstico de la situación actual cualitativa y cuantitativamente.

d. Alternativas de propuestas de mejora.

Se propondrán y analizarán individualmente las alternativas de mejora propuestas, se realizará una simulación para evaluar los resultados logrados.

e. Evaluación económica de las mejoras propuestas.

Se identificarán los costos asociados a la implementación de las propuestas, así como los ahorros producidos y el incremento logrado en la productividad del área de Confecciones. Se evaluará la viabilidad económica de la implementación.

f. Conclusiones y recomendaciones.

Máximo: 100 páginas

ASESOR

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel

T: (511) 626 2000

www.pucp.edu.pe

ÍNDICE

RESUMEN.....	ii
ÍNDICE.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE GRÁFICOS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Manufactura Esbelta.....	4
1.2.1 Desperdicios o <i>Muda</i>	5
1.3 Herramientas de manufactura esbelta.....	6
1.3.1 Balance de línea.....	6
1.3.2 5 S's.....	9
1.3.3 SMED.....	11
1.4 Estudio de movimientos – Diagrama Bimanual.....	12
1.5 Método de Guerchet.....	13
1.6 Simulación de sistemas.....	15
1.7 Método de pronósticos – Descomposición multiplicativa.....	15
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	17
2.1 Información general.....	17
2.2 Proceso productivo.....	18
2.2.1 Diseño.....	18
2.2.2 Desarrollo.....	19
2.2.3 Control de materiales.....	19
2.2.4 Corte.....	19
2.2.5 Bordados.....	20
2.2.6 Confecciones.....	20
2.2.7 Lavandería.....	20
2.2.8 Acabados.....	20
2.2.9 Pre despacho.....	20
CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	21
3.1 Análisis de Pareto en base a horas extras en el periodo 2012/10 - 2013/09.....	21
3.2 Análisis de Pareto en base a las remuneraciones en el periodo 2012/10 - 2013/09 ..	22

3.3	Análisis de Pareto en base a unidades pendientes en el periodo 2013/07 – 2013/09.....	23
3.4	Descripción del área de Confecciones	25
3.4.1	Etapas del proceso y distribución del taller de Confecciones.....	25
3.4.2	Clasificación de productos	31
3.4.3	Unidad patrón y factor de conversión	33
3.5	Indicadores.....	36
3.5.1	Capacidad real en unidad patrón.....	36
3.5.2	Capacidad teórica equivalente en unidad patrón.....	37
3.5.3	Productividad laboral	37
3.5.4	Tiempo de respuesta o <i>lead time</i>	38
3.5.5	Tiempo de ciclo total.....	38
3.5.6	Horas hombre y horas extra de operarios	39
3.6	Identificación de desperdicios y problemas del área de Confección.....	39
3.6.1	Sobreproducción	39
3.6.2	Esperas.....	40
3.6.3	Transportes	41
3.6.4	Exceso de inventarios.....	41
3.6.5	Defectos	43
3.6.6	Exceso de movimientos	43
3.6.7	Sobreprocesamiento.....	43
3.6.8	RRHH mal utilizado.....	44
3.6.9	Limpieza y orden	44
3.6.10	Seguridad y salud en el trabajo.....	45
3.6.11	Ergonomía	45
4	CAPÍTULO 4. ALTERNATIVAS DE PROPUESTA DE MEJORA	47
4.1	Selección de herramientas a emplear	47
4.2	Balance de línea	49
4.2.1	Cálculo del tiempo <i>takt</i>	49
4.2.2	Tiempo <i>pitch</i>	50
4.2.3	Balance de línea	51
4.3	Simulación de Balance de línea inicial	56
4.3.1	Componentes del modelo.....	56
4.3.2	Descripción del modelo	59

4.3.3	Resultados de la Simulación inicial	63
4.4	Implementación de 5S's.....	67
4.4.1	Planificación y organización del proyecto.....	67
4.4.2	<i>Seiri</i> : Seleccionar y clasificar	69
4.4.3	<i>Seiton</i> : Organizar y ordenar	70
4.4.4	<i>Seiso</i> : Limpieza	71
4.4.5	<i>Seiketsu</i> : Estandarización.....	71
4.4.6	<i>Shitsuke</i> : Disciplina.....	72
4.4.7	Propuestas para la implementación	73
4.5	Implementación de otras herramientas de mejora.....	74
4.5.1	Estudio de movimientos	74
4.6	Balance de línea mejorado.....	76
4.7	Simulación de Balance de línea mejorado	77
4.7.1	Producción mensual.....	77
4.7.2	Utilización de recursos	78
4.7.3	Contadores.....	78
4.8	Diseño del nuevo <i>layout</i> del taller	79
4.8.1	Cálculos de necesidades de espacios.....	79
4.8.2	Layout de bloques actual y propuesto.....	80
4.9	Resultados de propuesta	83
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEJORAS PROPUESTAS.....		84
5.1	Diagrama de Gantt de la implementación.....	84
5.2	Costo de implementación	85
5.2.1	Costo horario de personal administrativo y operarios	85
5.2.2	Costos de implementación de 5 S's	86
5.2.3	Costo por dejar de producir	87
5.2.4	Costo por maquinaria nueva.....	88
5.2.5	Gasto de folletería, impresiones y material necesario para la implementación .	88
5.3	Ahorros producidos.....	90
5.4	Análisis económico.....	91
5.4.1	Tasa Interna de Retorno	91
5.4.2	Relación Beneficio Costo.....	92
5.5	Incremento de la productividad de la planta.....	92
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		94

6.1	Conclusiones	94
6.2	Recomendaciones	96
Bibliografía		97



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Simbología de Diagrama Bimanual	13
Tabla 2 Valores de k por industria	15
Tabla 3 Relación de máquinas en el taller de Confecciones.....	26
Tabla 4 Distribución de máquinas en módulo de preparado de delanteros (unidades)	26
Tabla 5 Distribución de máquinas en módulo de delanteros (unidades)	27
Tabla 6 Distribución de máquinas en módulo de Forma unión (unidades).....	27
Tabla 7 Distribución de máquinas en módulo de espaldas (unidades)	28
Tabla 8 Distribución de máquinas en módulo de pegado de bolsillo (unidades).....	28
Tabla 9 Distribución de máquinas en módulo de pegado de respunte de costado (unidades). 29	
Tabla 10 Distribución de máquinas en módulo de pretinado (unidades).....	30
Tabla 11 Distribución de máquinas en módulo de remalle de pretina y atraque (unidades)	30
Tabla 12 Distribución de máquinas en módulo de basta de bota (unidades)	31
Tabla 13 Clasificación ABC por volumen de producción.....	32
Tabla 14 Clasificación ABC por margen de contribución	32
Tabla 15 Tiempos estándar por familia de productos	35
Tabla 16 Factor de conversión por familia de productos	35
Tabla 17 Porcentaje de producción anual por familia	36
Tabla 18 Producción anual en unidades por familia.....	36
Tabla 19 Capacidad real en unidades patrón.....	37
Tabla 20 Sobreproducción por exceso de corte	40
Tabla 21 Características de órdenes de producción	42
Tabla 22 Matriz de enfrentamiento de desperdicios y problemas identificados	46
Tabla 23 Desperdicios más relevantes identificados	47
Tabla 24 Puntuación de herramientas a emplear.....	49
Tabla 25 Balance de línea usando el tiempo pitch	55
Tabla 26 Resumen de porcentaje de utilización de recursos. Máximos y mínimos	64
Tabla 27 Resumen de piezas trabajadas por operación: Máximos y mínimos	65
Tabla 28 Resumen de tiempo promedio de operación de lote	65
Tabla 29 Resumen de información de colas del modelo	66
Tabla 30 Criterio de ubicación por frecuencia de uso	70
Tabla 31 Propuestas y beneficios de 5S's	73
Tabla 32 Operaciones a optimizar en base a exceso de ajuste	75

Tabla 33 Reducción porcentual entre tiempo actual y tiempo propuesto.....	76
Tabla 34 Tiempos estándar y número de puestos mejorados.....	76
Tabla 35 Resumen de número de máquinas por tipo y operarios necesarios	77
Tabla 36 Porcentaje de utilización de recursos con nuevo balance	78
Tabla 37 Piezas trabajadas por operación con nuevo balance	78
Tabla 38 Resumen de requerimiento de espacios por estación.....	80
Tabla 39 Resultados de la propuesta	83
Tabla 40 Actividades y costos de implementación de 5S's.....	87
Tabla 41 Inversión total por mes	89
Tabla 42 Ahorros mensuales en horas extras	90
Tabla 43 Incremento de producción.....	93



INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Ejemplo de Gráfica de Balanceo de Operadores.....	8
Gráfico 2 Gráfica de Balanceo de operadores, estado actual y futuro.....	9
Gráfico 3 Proceso de producción de una prenda.....	18
Gráfico 4 Análisis de Pareto de horas extras por áreas	22
Gráfico 5 Análisis de Pareto de remuneraciones anuales por áreas	23
Gráfico 6 Unidades pendientes de procesamiento por área	24
Gráfico 7 Diagrama de Ishikawa de la problemática de Confecciones.....	25
Gráfico 8 Inventario en proceso por día	42
Gráfico 9 Diagrama de flujo de operaciones y demanda mensual	51
Gráfico 10 Tiempo estándar por operación	52
Gráfico 11 Cadencia teórica por operación	54
Gráfico 12 Bloques por operación	59
Gráfico 13 Bloques al inicio de estaciones de ensamble	61
Gráfico 14 Sub modelos de inicio y ensamble	62
Gráfico 15 Actualización de Variables en Tiempo FIN	63
Gráfico 16 Layout de bloques actual.....	81
Gráfico 17 Layout de bloques propuesto.....	82
Gráfico 18 Cronograma de actividades de Gantt.....	84

INTRODUCCIÓN

El sector textil en nuestro país es uno de los principales en cuanto a aporte a la producción de la industria manufacturera con un 10% en producción valorizada, a la vez, representa al 27% del total de la Población Económicamente Activa manufacturera de acuerdo al Diario Gestión, según cifras presentadas por el Ministerio de Producción (Diario Gestión: 2013).

El volumen de empleo generado por la industria textil se basa en la naturaleza de sus operaciones intensivas en mano de obra. Por tanto, el uso eficiente de recursos debe ser prioridad en empresas competitivas del sector como factor de control de costos y como indicador de productividad laboral. El objetivo principal del presente estudio es el aumento de la productividad del Taller de Confecciones de la empresa mediante la optimización de proceso productivo, empleando diversas herramientas de Ingeniería Industrial. A continuación se presentan los capítulos desarrollados:

En el primer capítulo, se revisan los antecedentes y se realiza la descripción de las herramientas que serán empleadas para minimizar los posibles desperdicios en el área de estudio.

En el desarrollo del segundo capítulo, se realiza la descripción general de la empresa y de todas las áreas que participan en la creación de la prenda.

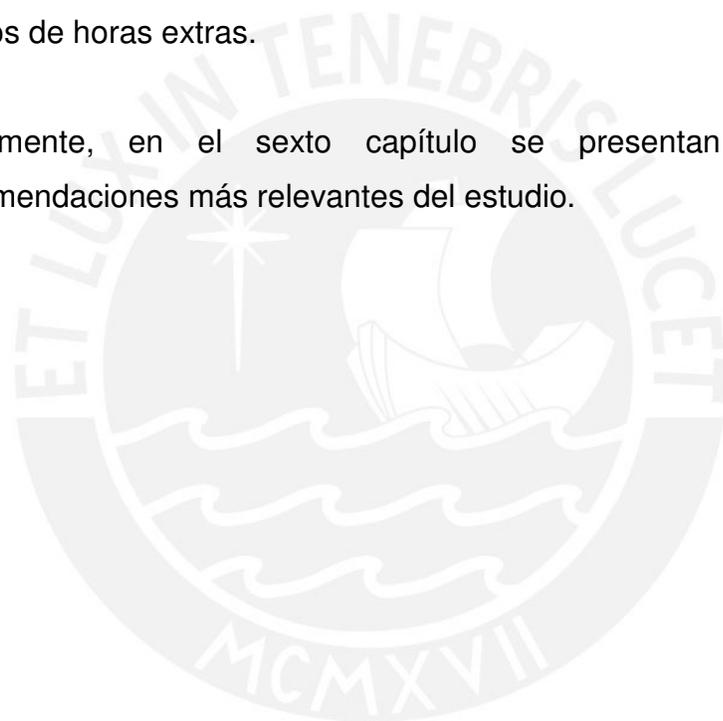
Posteriormente, en el capítulo tres se identifica el área que será objeto de mejora, para esta se describe ampliamente el proceso productivo, además, se realiza el diagnóstico del área analizando la situación actual, se identifican desperdicios o factores de pérdida críticos así como indicadores relevantes.

En el cuarto capítulo, se proponen las herramientas de Ingeniería Industrial que emplearemos para controlar y minimizar la problemática identificada en el

capítulo anterior. Entre estas herramientas tenemos la de implementar un balance de línea en base a la demanda, implementar la metodología 5 S's, estudio de movimientos en puestos de trabajo críticos, entre otras. La alternativa de mejora es validada mediante una simulación por computadora del sistema de producción.

Luego, en el quinto capítulo se evalúa la factibilidad económica de la mejora y su aporte a la rentabilidad de la empresa a partir del aumento de la capacidad productiva, reducción de costos de tercerización de producción y reducción en costos de horas extras.

Finalmente, en el sexto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones más relevantes del estudio.



CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del estudio, es indispensable la presentación teórica los conceptos y herramientas que serán empleados en el desarrollo de los siguientes capítulos. Asimismo, revisaremos algunos casos de estudio realizados anteriormente y sus conclusiones.

1.1 Antecedentes

El último estudio publicado por el autor Darrell Rigby (2007) mostró resultados importantes acerca de las herramientas o metodologías de gestión de empresas más usadas alrededor del mundo. Se evalúa la implementación de alrededor de 25 herramientas entre las cuales encontramos a la Manufactura Esbelta.

La información más relevante del estudio que rescatamos es que Norte América, Europa y Asia cuentan con tasas de empleo de Manufactura Esbelta 59%, 52% y 56% respectivamente; mientras que América Latina cuenta con apenas un 33% de uso de la herramienta. Estos números evidencian el retraso de la región en cuanto a la implementación de herramientas de gestión con respecto a los mercados más desarrollados.

La implementación de esta filosofía en América Latina ha sido analizada por los autores Juan Arrieta, Victoria Botero y María Romano (2010), quienes realizan un estudio acerca del grado de implementación de Manufactura Esbelta en diversas empresas del sector de confecciones de Medellín, Colombia, para el *Journal of Economics, Finance and Administrative Science* de la Universidad ESAN. La conclusión que rescatamos de los autores como más relevante fue que el nivel de difusión de la herramienta entre las empresas del sector es menor al esperado, con un 62% de nivel de implementación logrado, sobre todo, por las empresas internacionales establecidas en la ciudad. Las empresas no han desarrollado una cultura ni han implementado integralmente la filosofía de la manufactura esbelta, esta no se encuentra ligada a la estrategia de la

empresa, sino que es iniciativa de los mandos medios dadas las exigencias del mercado. Asimismo, las herramientas menos empleadas por las empresas es la certificación e integración con proveedores, uso del sistema Kanban y las 5'S.

Con respecto al mercado peruano, escasamente se logra encontrar casos de implementación de la herramienta en empresas de confecciones o estudios acerca de ello. En el año 2012, la Universidad de Lima publicó a través de su Fondo Editorial, Revista de ingeniería Industrial N° 25, una propuesta para la implementación de diseño modular en una empresa de confecciones de mediana escala, la información más relevante que encontramos fue acerca del porcentaje de empresas que emplean la producción por lotes en nuestro país. De acuerdo a la publicación, el 95% de empresas producen por lotes. El otro 5% emplea variantes del *Just in time*, pero sin llegar a un grado de implementación de clase mundial, entre ellas están las empresas más grandes como Textil San Cristóbal, Topy Top o Nettalco.

1.2 Manufactura Esbelta

La manufactura esbelta es considerada una filosofía de gestión de empresas enfocada en la identificación y eliminación, en la medida de lo posible, de las actividades que no agregan valor al producto final de un proceso. A partir de las definiciones de manufactura esbelta, podemos derivar en que una de las razones para la implementación de esta metodología de trabajo en una organización es mejorar la eficiencia y eficacia de las operaciones: eficiencia se logra optimizando la utilización de los recursos empleados; mientras que la eficacia se logra mejorando los índices de productos conformes a la salida del proceso.

Según Womack y Jones (2005), “despilfarro” se define como toda actividad que absorbe recursos y no genera valor. Al mismo tiempo, nos brindan una herramienta para combatir los despilfarros: El Pensamiento Esbelto. Definimos el pensamiento esbelto como un método que consiste en especificar el valor

definido por el cliente y alinear nuestras operaciones creadoras de valor con las necesidades del cliente en flujo continuo, persiguiendo la mejora continua en calidad y productividad.

La producción esbelta tiene sus orígenes en Japón y fue la metodología central del Sistema de Producción Toyota de los años 50, basándose en dos pilares como el *Just in time* y *Jidoka*, según Villaseñor y Galindo (2007). Con esta metodología, Taiichi Ohno logra desarrollar un sistema de producción de alta eficiencia, bajos volúmenes en proceso y flexible, lo cual le permitió ofrecer muchas variantes del producto a los clientes en condiciones de poca demanda, característica de la industria automotriz japonesa luego del período postguerra (Ohno, 1991).

El desarrollo de la metodología de la manufactura esbelta revolucionó los métodos de producción tradicionales denominados Manufactura en masa, y que se emplean hasta la actualidad. Villaseñor y Galindo (2007) identifican al menos 23 aspectos que diferencian al *Lean* de los métodos convencionales. Entre los más relevantes encontramos que la forma de producción, en el método convencional, consiste en líneas conectadas que buscan maximizar el uso de los equipos, mientras que quienes usan manufactura esbelta buscan implementar el uso de células de manufactura de acuerdo al tiempo *takt*: tiempo disponible para producir por el número de productos a fabricar. Otro aspecto importante es que la verificación de calidad ya no es realizada al final del proceso, sino que cada puesto de trabajo tiene retroalimentación inmediata; asimismo, se emplea un sistema *pull* para la producción el cual permite reducir los inventarios.

1.2.1 Desperdicios o *Muda*

Muda es la palabra japonesa usada en la filosofía de la manufactura esbelta para referirse a todas las actividades que no agregan valor al producto, también se conocen como desperdicios o despilfarros. Taiichi Ohno (1991) estableció los siete primeros tipos de *muda* durante el desarrollo del

Sistema de Producción de Toyota, posteriormente Womack y Jones (2005) adicionaron un octavo tipo de desperdicio a la filosofía:

1. Productos defectuosos
2. Sobreproducción
3. Inventarios excesivos
4. Procesamiento innecesario
5. Movimientos de personal innecesarios
6. Transportes innecesarios
7. Tiempos de esperas
8. Talento mal empleado

Womack y Jones (2005) mencionan dos tipos de *muda* que pueden encontrarse en un proceso. Tipo Uno, son aquellas actividades que no crean valor para el consumidor final, pero que son necesarias y aún no pueden ser eliminadas, estos desperdicios deben ser minimizados al máximo. Tipo Dos, son aquellas que no agregan valor para el cliente y pueden ser tratadas de inmediato, estos deben ser eliminados.

A modo de ejemplo proponemos, para el Tipo Uno, una inspección requerida por alguna entidad del estado relacionada con algún aspecto legal; mientras que para la Tipo Dos, un transporte innecesario que podría resolverse con un mejor diseño de planta.

1.3 Herramientas de manufactura esbelta

A continuación, presentaremos las herramientas de manufactura esbelta que nos serán útiles en el desarrollo y solución del problema del presente estudio:

1.3.1 Balance de línea

Tal cual Rother y Shook (1999) mencionan, lo que se busca al aplicar la manufactura esbelta es tener un proceso que sea capaz de fabricar lo que

el siguiente proceso requiere y en el momento que lo requiere. Se busca ligar todos los procesos de la empresa identificando las necesidades desde el consumidor final hasta la preparación de la materia prima en flujo continuo, lo cual ayuda a reducir tiempos de entrega y costos y a aumentar la calidad del producto.

Una de las herramientas que nos permite obtener este flujo es el balance de línea en base al tiempo *takt*. El objetivo del balance de línea es obtener un tiempo medio de producción en cada puesto o estación, según la disposición de planta, por unidad o lote de transferencia igual al tiempo *takt*. De este modo se logra uniformizar el tiempo de entrega entre cada puesto o estación.

Se busca un estado en el cual los inventarios en proceso se reduzcan al máximo posible y que los procesos se vinculen a través de un flujo óptimo eliminando desperdicios en la mejor medida.

A continuación conceptualizaremos un poco más las palabras claves que se han venido desarrollando en el capítulo:

- a) Tiempo *takt*: Se debe considerar la cantidad demandada por el cliente para obtener el ritmo de producción óptimo. Evidenciamos que se trabaja siempre en base a los requerimientos del cliente lo cual obliga a sincronizar los tiempos de la empresa a la demanda del mercado.

El *takt time* se calcula dividiendo el tiempo disponible para producir entre la cantidad demandada, con la finalidad de obtener el ritmo de producción justo que logre abastecer la demanda sin generar inventarios.

$$\text{Tiempo takt} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}}$$

$$\text{Número de operadores necesarios} = \frac{\text{Tiempo de ciclo total}}{\text{Tiempo takt}}$$

El siguiente paso es lograr ejecutar las operaciones del proceso en tiempos inferiores al tiempo *takt* respetando el número de operadores calculado, buscando el estado representado en el gráfico número 2. Se emplean diversas herramientas de la manufactura esbelta con la finalidad de lograr este objetivo, principalmente optimizando las operaciones a partir de la identificación de las actividades que agregan valor. Se puede combinar operaciones, realizar mejoras a los métodos de realizar cierta operación, diseñar dispositivos poka yoke, entre otras. En el Gráfico 2, podemos observar el balance de operadores a partir del Gráfico 1 mostrado previamente.

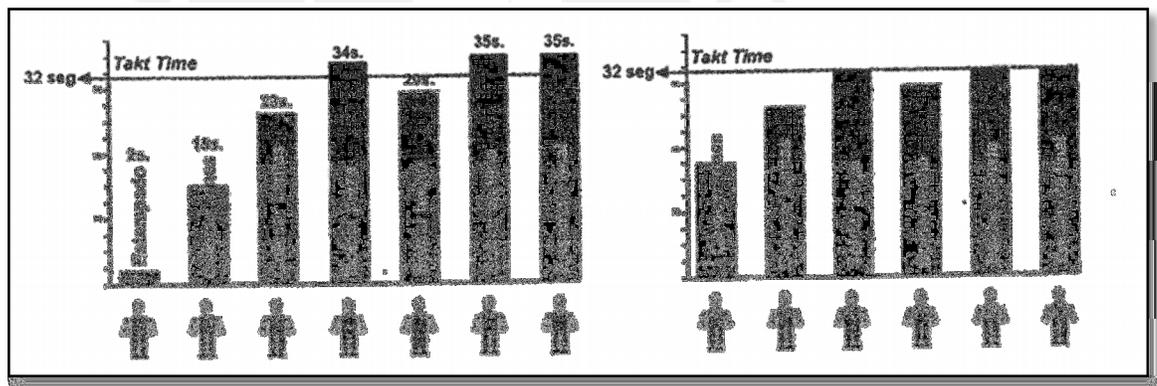


Gráfico 2 Gráfica de Balanceo de operadores, estado actual y futuro

Fuente: Villaseñor y Galindo (2007)

1.3.2 5 S's

Las 5 S's es una filosofía de la manufactura esbelta o metodología orientada a establecer el orden y la limpieza en el puesto de trabajo, además de generar el hábito en los trabajadores con la finalidad de estandarizar estas buenas prácticas. Esta filosofía hace prevalecer el principio de brindar un lugar determinado a cada elemento requerido para realizar el trabajo eliminando aquellos que no tienen utilidad, con lo cual se

gana espacio físico, mejora el flujo y los elementos de trabajo se encuentran rápidamente.

Esta filosofía se basa en cinco palabras de origen japonés que describen las etapas de la implementación:

- Seiri: Seleccionar o clasificar. Se separa del puesto de trabajo todos los materiales que no son necesarios para la operación.
- Seiton: Organizar, ordenar. Todos los elementos se encuentran debidamente ordenados e identificados.
- -Seiso: Limpiar. Se eliminan las fuentes de suciedad del puesto de trabajo.
- Seiketsu: Estandarizar. Se implementa una forma de trabajo basado en preservar el orden y limpieza, ayuda a identificar fallos.
- Shitsuke: Se busca crear el hábito y disciplinar a los trabajadores para preservar y mejorar continuamente lo logrado.

Esta herramienta se caracteriza principalmente por ser aplicada a cualquier tipo de organización sin importar el tipo de trabajo que realice; sin embargo, posee diversas características relevantes las cuales se muestran a continuación:

- Puede ser aplicado a cualquier puesto de trabajo
- Propicia la participación del personal en los procesos de mejora.
- Busca mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza del centro de trabajo, brindando un ambiente adecuado, agradable y seguro.
- Puede considerarse un paso previo a la implantación de cualquier proyecto de mejora continua en la organización.

La aplicación de esta herramienta presenta beneficios orientados a aumentar la productividad de la empresa, ya que, se reducen los factores de pérdida como desperdicios y defectuosos, averías, accidentes, inventarios,

movimientos y traslados innecesarios. Asimismo, también se observan beneficios respecto al bienestar de los trabajadores, se crea un ambiente grato y de seguridad, promoviendo un clima de cooperación mutua y de trabajo en equipo, así como un mayor compromiso y responsabilidad respecto al trabajo.

Gardner Nielsen Associates (2000) definen una lista de control de indicadores visuales para determinar el grado de implementación de la herramienta. Para ello se determinan 25 cualidades que definen a un área de trabajo con un nivel de aplicación de la herramienta equivalente al 100%, y se realiza un *benchmark* del área evaluada con puntuaciones del 0 al 4 por cada cualidad. A continuación los posibles puntajes a asignar:

0= "No", cuando la única opción es 0 o 4. En otro caso significa no del todo.

1= Alguna evidencia de plan pero baja conformidad.

2= Cerca de la mitad de los casos observados en conformidad.

3= La mayor parte de casos observados en conformidad, pero uno o más problemas encontrados.

4= "Si", cuando la única opción es 0 o 4. En otro caso completa conformidad.

El puntaje total posible es 100.

1.3.3 SMED

El SMED (*Single minute Exchange of die*) es una herramienta de la Manufactura Esbelta que busca lograr cualquier cambio de herramientas en menos de 10 minutos (Villaseñor y Galindo, 2007); es decir, tiempos de un dígito. No se relaciona únicamente con mejorar el tiempo de cambio o ajustes físicos, sino que se enfoca en el tiempo transcurrido desde la obtención de la última pieza válida del lote hasta la fabricación de la primera pieza del lote siguiente.

El objetivo de fondo de la herramienta es reducir los tiempos de ajustes, con esto es posible reducir los tamaños de lote mínimos de producción y eliminar tiempos no productivos. Además, se reducen los desperdicios tales como el recurso humano mal empleado, sobreproducción, entre otros.

Para la aplicación de la herramienta es necesario identificar dos tipos de ajustes: Los ajustes internos, los que corresponden a cambios que se realizan con la maquinaria parada, fuera de las horas de producción; y los ajustes externos, los que corresponden a cambios que se realizan o que podrían realizarse mientras que la máquina se encuentra en operación.

Algunos de los beneficios logrados con el SMED son los siguientes:

- Incremento de la capacidad productiva y productividad.
- Reducción del lote de trabajo: Mayor flexibilidad, reducción de inventarios, mayor espacio en planta.
- Estandarización de procesos: Procesos de aprendizaje simples y reducción de productos defectuosos fabricados durante los ajustes.

1.4 Estudio de movimientos – Diagrama Bimanual

El estudio de movimientos comprende el análisis de todos los movimientos de cuerpo humano que se requieren para realizar un trabajo, buscando el método más eficiente. Para lograr este objetivo, es necesario dividir el trabajo en todos sus elementos básicos y analizar cada uno de ellos tratando de eliminar los que son innecesarios en la medida de lo posible, o de simplificar sus movimientos. En otras palabras, se trata de buscar un mejor método de trabajo que sea más fácil y económico.

Para llevar a cabo este análisis se dispone de diversas herramientas, entre ellas se encuentra el Diagrama Bimanual de Trabajo: en este diagrama se representan todos los movimientos realizados por ambas manos en simultáneo y se indica la relación entre ellos. Esta herramienta es de especial uso para

evaluar operaciones repetitivas dentro del cual se identifica un ciclo completo de trabajo como objeto de estudio.

Para realizar la representación de los movimientos de emplea la simbología detallada en la tabla número 1.

Tabla 1 Simbología de Diagrama Bimanual

Actividad/definición	Símbolo
Operación: Representa las acciones de sujetar, utilizar, soltar, etc. una herramienta, pieza o material.	
Transporte: Representa el movimiento de la mano hacia la zona de trabajo, herramienta, material o desde uno de ellos.	
Espera: Indica el tiempo en que la mano no trabaja.	
Sostenimiento: Se utiliza para indicar el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material.	

Elaboración propia

1.5 Método de Guerchet

El método explicado a continuación tiene como finalidad calcular el área requerida por un espacio productivo en base a la cantidad de maquinaria y personal que ocuparán dicho espacio. Para dichos componentes es necesario definir además las dimensiones y categorizarlas como fijas o móviles.

Según Cuatrecasas (2009) el área total se obtiene a partir de la adición de tres superficies:

- Superficie estática (S_{es}): Comprende a la superficie productiva determinada por las dimensiones físicas de la máquina o mobiliario.

- Superficie gravitacional (S_g): Comprende a la superficie empleada por el operador o materia prima en proceso en dicho puesto de trabajo. El cálculo de esta superficie se realiza multiplicando el área estática del puesto por la cantidad de lados de la misma que deben encontrarse operativos.

$$S_g = S_{es} \times n$$

- Superficie Evolutiva (S_{ev}): Comprende a la superficie necesaria entre puestos de trabajo para la circulación del personal, materiales y medios de transporte. Se calcula como la suma de las superficies estática y gravitacional afectadas por un factor k. Este factor varía de acuerdo a la proporción del volumen de elementos móviles respecto a los elementos fijos. En la tabla 2 se muestran los rangos de valores promedios de k de acuerdo al tipo de industria.

$$S_{ev} = (S_{es} + S_g) \times k$$

El cálculo del factor k se realiza con la siguiente ecuación:

$$k = 0.5 * \frac{H_m}{H_f}$$

Donde:

H_m : Altura promedio ponderada de los elementos móviles.

h_i : altura del elemento móvil.

$$H_m = \frac{\sum(SS_i \times n_i \times h_i)}{\sum(SS_i \times n_i)}$$

H_f : Altura promedio ponderada de los elementos fijos o estáticos.

H_i : altura del elemento estático.

$$H_f = \frac{\sum(SS_i \times n_i \times H_i)}{\sum(SS_i \times n_i)}$$

Tabla 2 Valores de k por industria

Tipo de Industria	Valor K
Gran industria, manutención con puente grúa	0.05 a 0.15
Trabajo en cadena, transportador mecánico	0.10 a 0.25
Industrial textil hilado, industria cerámica	0.05 a 0.25
Industria textil tejido, mueble, juguete	0.50 a 1.00
Industria electrónica	0.75 a 1.00
Industria de componentes mecánicos	1.50 a 3.00

Fuente: Centro Europeo de Empresas innovadoras de Valencia (2008)

Elaboración propia

1.6 Simulación de sistemas

La simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema objeto de estudio con el propósito de realizar pruebas experimentales que nos permita comprender el comportamiento del sistema ante la variación de determinadas condiciones.

De acuerdo a la definición de Kelton (2004), la simulación por computadora comprende una serie de métodos para representar una amplia diversidad de modelos de sistemas que encontramos en el mundo real mediante evaluación numérica, para ellos se emplea programas de cómputo diseñados para replicar las características del sistema.

1.7 Método de pronósticos – Descomposición multiplicativa

Según Casini (2008), el principal criterio para el uso de este método de pronóstico es que los valores de las variables objetivo estén determinadas por el efecto de cuatro componentes sobre los inputs, estos componentes son los siguientes: tendencial, estacional, cíclico e irregular.

Estos componentes se relacionan matemáticamente mediante un modelo multiplicativo, en el cual suponemos que existe interacción o dependencia entre ellos. La situación puede expresarse como:

$Y = T. S. C. I =$ Modelo Multiplicativo

Tendencial (T): Es el componente que determina el comportamiento general de la serie y muestra como la variable evoluciona a través del tiempo.

Estacional (S): Representa a aquellas variaciones que se producen en períodos cortos y en forma recurrente año tras año. Se denominan de esta forma, porque se lo asocia a las estaciones provocadas por factores climáticos.

Cíclico (C): Incluye el efecto de los factores que generan cambios en períodos largos y suele asociarse con los ciclos económicos. Se considera que los cambios observados en los ciclos responden a cuatro etapas: expansión, prosperidad, recesión y depresión.

Irregular (I): Se trata de variaciones ocurridas en cada momento del tiempo provocadas por múltiples factores no considerados en los demás componentes, pero que casi siempre actúan sobre la variable desviándola de los valores que serían exactamente predecibles si sólo actuaran los otros factores.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En el actual capítulo, presentaremos la información general de la empresa en estudio así como el proceso productivo con el cual se fabrican los pantalones jeans.

2.1 Información general

El presente trabajo se realizará en una empresa manufacturera del rubro textil a la cual llamaremos Mortisa. Mortisa lleva operando en el mercado nacional hace más de 25 años, abasteciendo a grandes tiendas por departamentos, clientes independientes y, sobre todo, a su propias tiendas a nivel nacional (más de 35 tiendas).

Su amplia capacidad de producción se basa en contar con 690 metros cuadrados de área de confecciones, con más de 200 máquinas para la producción diaria. Dependiendo de la demanda es que se dispone del total de máquinas o se prevé de líneas de subalternas que realicen trabajos adicionales a la producción de la empresa. No todas las actividades que se realizan son pagadas al destajo, también existen jornaleros (pago de actividades por el tiempo que trabajen, incluyendo horas extras).

Mortisa es la empresa productora de los pantalones jeans de marcas PORNER, NORTEN JEANS, GZECKA y SQUIZO JEANS. La marca emblema de esta empresa es PORNER, pues posee los volúmenes de ventas más altos de su producción, ya que, se vende en casi todas las clases socio-económicas del país ya sea para caballeros o para damas. Sin embargo, la marca GZECKA viene encontrado un mercado importante en gente joven y deportista, porque es una marca que se relaciona con quienes que realizan deportes extremos como *surf* o *skating*.

Actualmente, Mortisa posee dos plantas propias con máquinas de última generación, una de ellas es para confección de todo tipo de tejido plano como denim, corduroy y twill; mientras que, la otra planta está destinada a la tejeduría de algodón pima y tangüis, además de tejidos mixtos como materia prima. Algunos de los productos terminados en esta segunda planta son *T-shirts*, *Tops* y *Sweatshirts*.

2.2 Proceso productivo

El proceso de producción en Mortisa está compuesto por nueve etapas para la fabricación de una prenda en lanzamiento. El proceso comienza desde la concepción de la prenda en la etapa del diseño de acuerdo lo que mande el mercado y las tendencias de moda, luego pasas por desarrollo y confecciones, y así sucesivamente hasta la entrega del producto terminado. El gráfico 3 muestra el diagrama de flujo de las etapas necesarias, las cuales serán descritas a continuación:

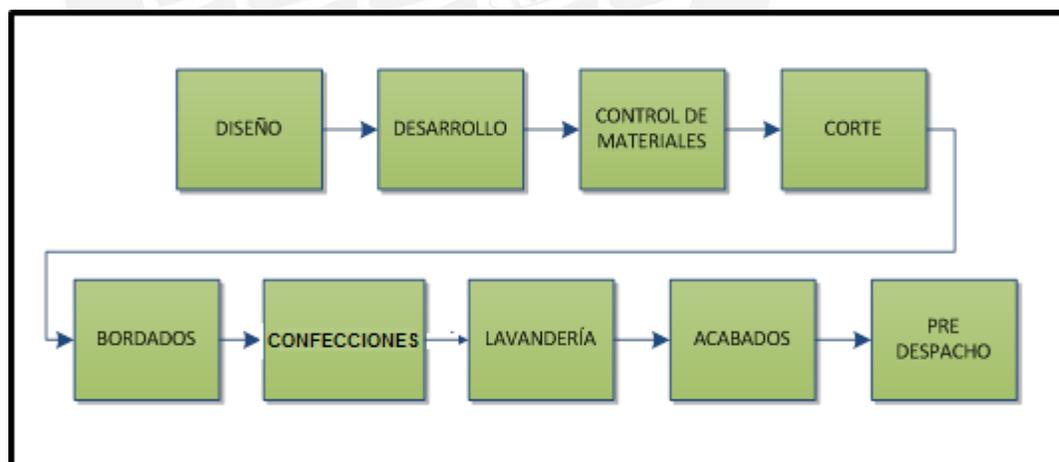


Gráfico 3 Proceso de producción de una prenda
Elaboración propia

2.2.1 Diseño

Realizado conjuntamente por las áreas de Diseño y Planeamiento. En esta etapa se conciben los nuevos productos de la empresa de acuerdo a las tendencias del momento. Como resultado de la etapa se obtiene el detalle

de cada prenda con las especificaciones del producto, se muestra el producto gráficamente y las observaciones para su fabricación. Además se obtiene información como la codificación del producto, temporada, código y tipo de tela a emplear, mostrando inclusive el margen por unidad, precios de lista y precios sugeridos.

2.2.2 Desarrollo

En esta etapa se recibe las especificaciones del producto diseñado y se lanza una orden de muestra para la producción de la prenda en el taller de desarrollo. El objetivo de esta operación es validar los tiempos de cada operación requerida por unidad así como elaborar la secuencia de operaciones del producto. El desarrollo comprende las actividades desde corte hasta acabados a una menor escala, las observaciones acerca del proceso y del producto final regresan a Diseño para las correcciones necesarias.

2.2.3 Control de materiales

Planeamiento elabora una orden de producción luego de la validación del modelo, en esta orden se detalla el tamaño del lote del producto final. A partir de la orden, Control de materiales estima el *bill of materials* o detalle de materiales necesarios, posteriormente verifica la disponibilidad de los mismos y se ajusta la cantidad a producir en caso de haber observaciones.

2.2.4 Corte

En el presente proceso se realiza el tendido de las telas seleccionadas para la fabricación de las prendas, seguido del trazado de acuerdo a los moldes elaborados para cada prenda y de acuerdo a las tallas a fabricar. Posteriormente, los cortes son enviados a las zonas de almacenamiento temporal de Confecciones o Bordados a las espera de ser trabajadas.

2.2.5 Bordados

En esta sección se trabajan las partes bordadas del pantalón luego del Corte, el uso de este recurso depende del diseño del producto. Las piezas bordadas ingresan al proceso de confección seguido.

2.2.6 Confecciones

Es la etapa principal del proceso de fabricación. En esta etapa se realizan las operaciones que le dan valor a los retazos de tela obtenidos de Corte. El área de Confecciones se ha dividido de acuerdo a las distintas partes del pantalón, se trabaja paralelamente las zonas delanteras y posteriores en sus respectivos módulos, luego son empalmadas en ensamble y operaciones posteriores. Los lotes de fabricación se consolidan y son enviados a lavandería.

2.2.7 Lavandería

El área de Lavandería recibe los lotes de producción consolidados del área de Confecciones, estos son separados de acuerdo al tipo de lavado y teñido que recibirán, pues depende del tipo de tela y colores de la prenda. Luego, las prendas son enviadas al área de Acabados.

2.2.8 Acabados

En esta etapa del proceso se realizan los últimos detalles de la prenda tal como rasgaduras, focalizados u otros de acuerdo al diseño. Posteriormente, las prendas son enviadas al almacén o pre despacho para la consolidación de los pedidos.

2.2.9 Pre despacho

Es la última etapa del proceso. En esta se consolidan las prendas provenientes de Acabados y son almacenadas para su posterior despacho.

CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el caso de Mortisa, como en todo proceso de mejora, debemos partir por identificar y comprender a detalle la situación actual. Al tratarse de un proceso estructurado por operaciones realizadas en diversas áreas, partiremos de identificar al área que marca el ritmo de trabajo y resulte siendo una restricción para el flujo óptimo. En otras palabras, identificaremos al área que sea “cuello de botella” de todo el proceso global.

Según los comentarios de los mismos trabajadores, el área que marca el ritmo de producción es el de Confecciones. Para mejorar esta área, debemos optimizar los recursos y los hábitos de trabajo empleando las herramientas anteriormente mencionadas para incrementar la productividad de la empresa. Sin embargo, para reafirmar estos comentarios respecto al área de Confecciones, se realizará un análisis comparativo de los principales factores entre todas las áreas, tales como obtener mayores unidades terminadas, menores costos asumidos y mayor rapidez en la elaboración de las prendas.

3.1 Análisis de Pareto en base a horas extras en el periodo 2012/10 - 2013/09

Como se puede apreciar en el gráfico 4, la cantidad de horas extras trabajadas en el área de Confecciones representa el 49% del total de horas extras trabajadas por todos los operarios de la planta. Esto quiere decir que en Confecciones se requiere mayor cantidad de horas-hombre para lograr el nivel de producción que demanda la empresa.

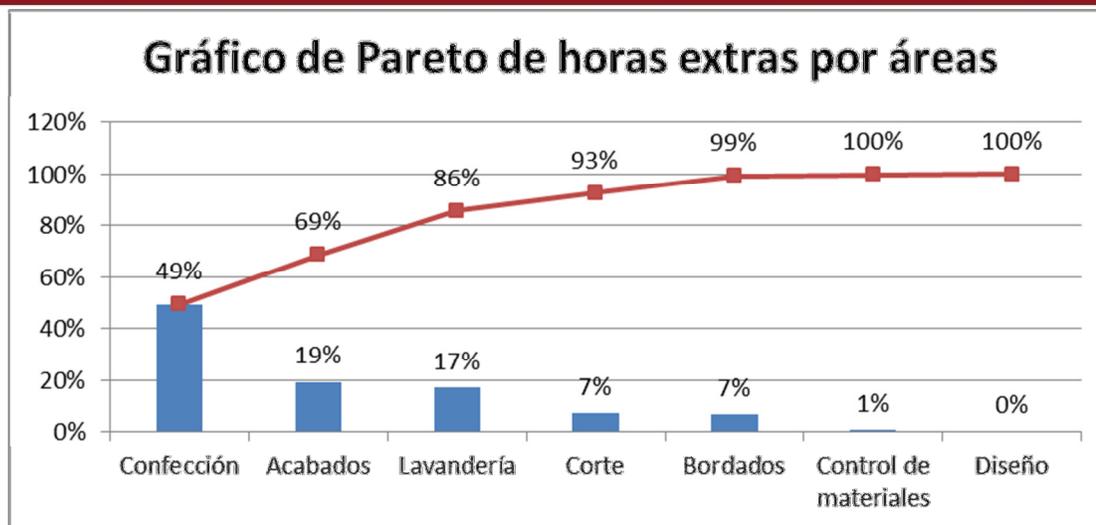


Gráfico 4 Análisis de Pareto de horas extras por áreas

Elaboración propia

A partir del factor de las horas extras en el área de Confecciones, se puede decir que se debe realizar un estudio para la reducción de las mismas, pues el pago de horas extras es mayor a las horas regulares.

3.2 Análisis de Pareto en base a las remuneraciones en el periodo 2012/10 - 2013/09

Del mismo modo que en punto anterior, el gráfico 5 nos muestra que las remuneraciones totales de los operarios en el periodo mencionado en Confecciones representan el 45% del total de remuneraciones de la empresa. Esto debido a que cuenta con la mayor cantidad de operarios, y, sobre todo, a la cantidad de horas extras que se manejan en el área.

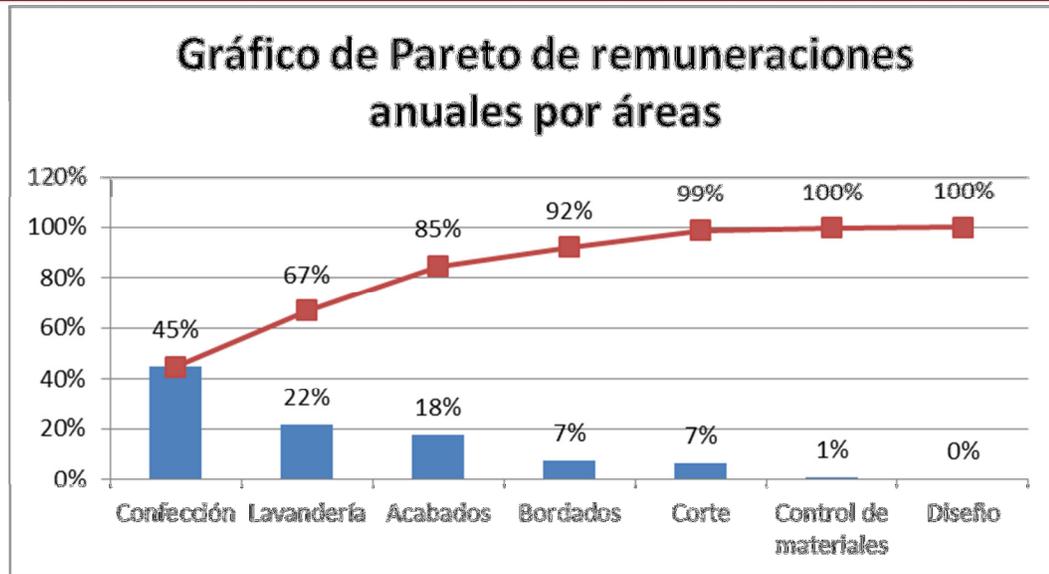


Gráfico 5 Análisis de Pareto de remuneraciones anuales por áreas

Elaboración propia

Nuevamente encontramos que el área de Confecciones es aquella que debe ser estudiada debido al costo de mano de obra asociado. Con un proyecto de mejora en esta área se podría disminuir las remuneraciones por pago de horas hombre.

3.3 Análisis de Pareto en base a unidades pendientes en el periodo 2013/07 – 2013/09

Un factor importante a estudiar dentro de las áreas involucradas en el proceso productivo debe ser la cantidad de unidades pendientes que no se procesan al término de una jornada laboral (anexo1). Esta información nos ayudará a determinar cuál es el área crítica al evaluar la capacidad de procesamiento diario contra lo demandado por la empresa.

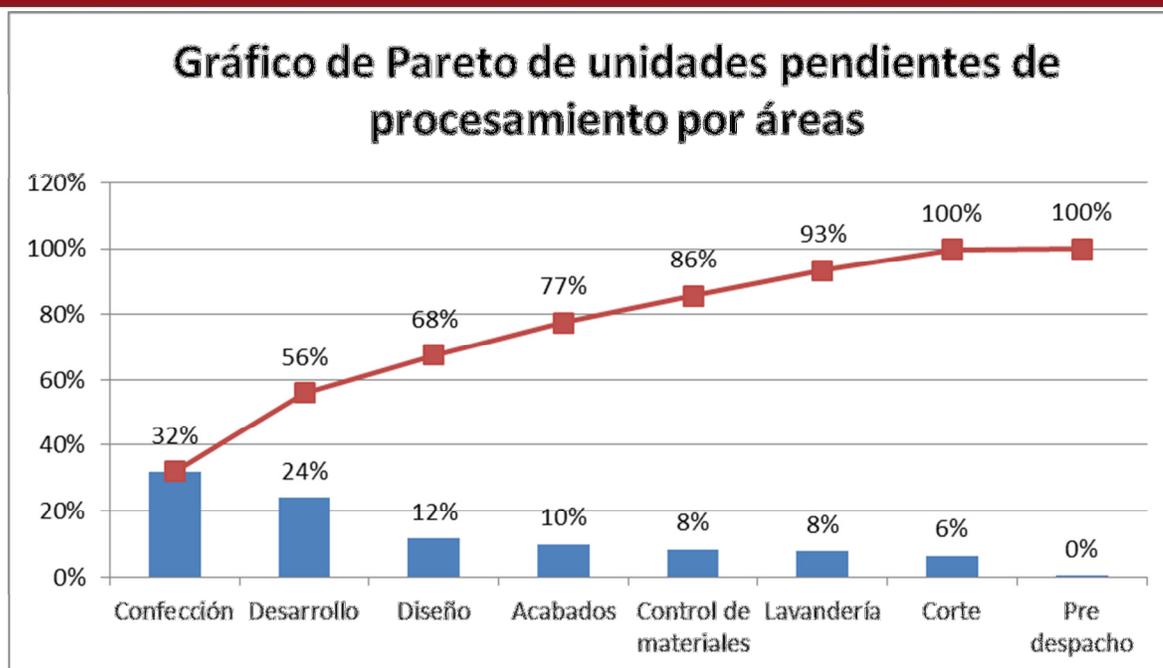


Gráfico 6 Unidades pendientes de procesamiento por área

Elaboración propia

Claramente se puede apreciar en el gráfico 6 que el área de Confecciones es el área que tiene mayor cantidad de unidades pendientes por terminar. Si bien es cierto que la gráfica que se muestra es de un periodo determinado, esta es la tendencia que se repite durante todo el año manteniendo al área de Confecciones como la de mayores unidades por trabajar.

Luego de evaluar los tres gráficos de Pareto por separado, se reafirma que el área a estudiar será el taller de Confecciones. A partir de ellos se ha identificado diversos puntos a mejorar, para ello, graficaremos un Diagrama de Ishikawa que permita conocer las principales causas de los problemas identificados.

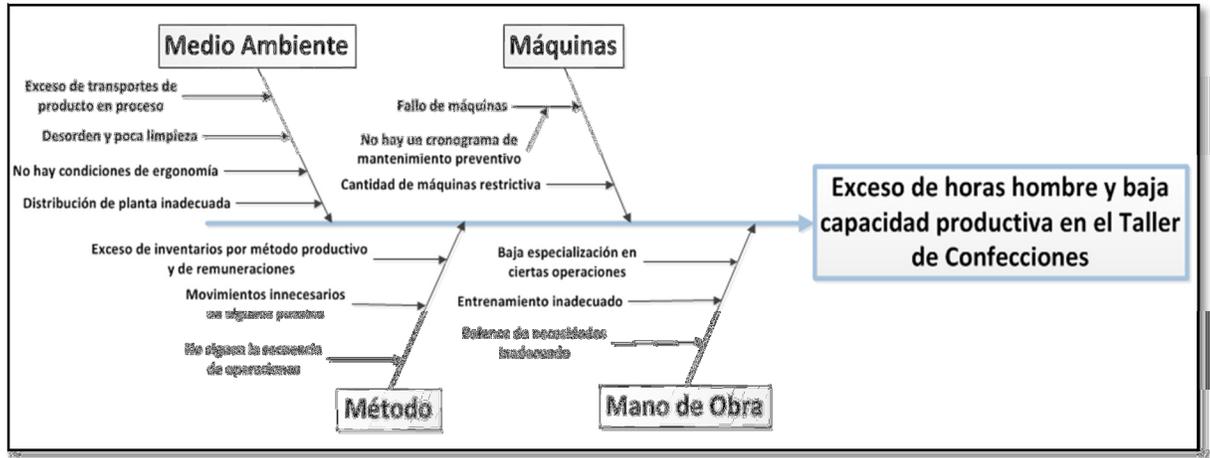


Gráfico 7 Diagrama de Ishikawa de la problemática de Confecciones
Elaboración propia

Como se aprecia en el gráfico 7, el problema se resume en el exceso de horas hombre y baja capacidad productiva en el taller de Confecciones, y este problema tiene sus principales causales en 4 puntos: Máquinas, mano de obra, medio ambiente y metodología.

3.4 Descripción del área de Confecciones

Esta área es la que aporta mayor valor al producto, porque es en donde se realiza la mayor transformación de los materiales de entrada provenientes de Corte y Bordados. La producción en Confecciones se realiza de acuerdo a las órdenes de producción programadas por Planeamiento en base a estimados para lanzamientos de productos y demanda real de los modelos existentes.

3.4.1 Etapas del proceso y distribución del taller de Confecciones

En el anexo 2 observamos la distribución actual del taller de Confecciones de la empresa. Se observa que la empresa cuenta con módulos de producción dedicados a partes específicas de la prenda, además se trabaja paralelamente las partes delanteras y posteriores del jeans en sus respectivos módulos para pasar luego a las secciones de empalme y

operaciones finales. Se describirá a continuación las características de cada módulo de producción y se detallará la cantidad de máquinas presentes en cada uno de ellos (en la tabla 3 se puede apreciar las distintas máquinas a utilizar en el proceso productivo):

Tabla 3 Relación de máquinas en el taller de Confecciones

Descripción	Máquina
RT	Recta
RL	Remalladora
PL	Plana
RC	Recubridora
DB	Doble barra
AT	Atracadora
PT	Pretinadora
BS	Bastera
PS	Presilladora
CC	Cerradora
RCB, SG, BL, PLB, PD	Otras

Elaboración propia

- Módulos de Delanteros:

Preparado de delanteros

Conformado por el módulo 01, se encarga de las primeras operaciones realizadas a las partes delanteras trabajando la parte interna de los bolsillos. En este proceso se adhiere la secreta (bolsillo pequeño) a la tela y se coloca algún adicional de bordado en caso el modelo requiera. Cuenta con 16 máquinas habilitadas de acuerdo al siguiente detalle de la tabla 4:

Tabla 4 Distribución de máquinas en módulo de preparado de delanteros (unidades)

Mod/Maq	RT	RL	PL	RC	TOTAL
Módulo 1	7	2	4	3	16

Elaboración propia

Delanteros

Se tienen 5 módulos encargados para trabajar las partes delanteras como intento de balancear la capacidad y lograr un empalme correcto con las partes de espalda (módulos 2, 3, 4, 5 y 8). En este módulo se encargan de unir las partes trabajadas en el módulo 1 del corte delantero, se asegura ambas piezas y se coloca el tocuyo del bolsillo. En la tabla 5 podemos observar la cantidad total de máquinas que se tienen por tipo y por cada módulo:

Tabla 5 Distribución de máquinas en módulo de delanteros (unidades)

Mod/Maq.	RT	RL	PL	RC	DB	AT	PD	RCB	TOTAL
Módulo 2	9	2	0	1	3	0	0	0	15
Módulo 3	12	0	1	0	1	1	0	0	15
Módulo 4	10	0	2	1	0	0	1	1	15
Módulo 5	10	3	1	0	0	1	0	0	15
Módulo 8	9	2	0	0	4	0	0	0	15

Elaboración propia

La distribución de las máquinas se obtiene a partir de los modelos que se fabriquen de modo simultáneo y de la complejidad de las operaciones que requiera cada uno de ellos.

Forma Unión

En esta estación se unen las piezas delanteras derecha e izquierda trabajadas previamente, se realiza el pegado de ambas piezas, fijado de vista y nivelado. Cuenta con 16 máquinas disponibles mostradas a continuación en la tabla 6:

Tabla 6 Distribución de máquinas en módulo de Forma unión (unidades)

Mod/Maq	RT	RL	PL	SG	TOTAL
Módulo 11	4	3	8	1	16

Elaboración propia

- Módulos de Espaldas:

Espaldas

En este módulo se tratan los cortes de espalda, se une la cuchilla a los cortes previos y luego se envían a cerrado para la unión de las partes derecha e izquierda generando la presilla del pantalón. A continuación en la tabla 7 se aprecia la cantidad de máquinas en los módulos que se trabajan:

Tabla 7 Distribución de máquinas en módulo de espaldas (unidades)

Mod/Maq	RT	RL	PL	DB	TOTAL
Módulo 6	5	1	2		8
Módulo 7	5	1	2	1	9

Elaboración propia

Cerrado

Para el caso de esta operación se tienen las máquinas cerradoras agrupadas de acuerdo a una distribución por procesos. Esta estación recibe los flujos provenientes de preparado de espaldas y del almacén temporal de corte y las piezas provenientes de empalme posteriormente. Actualmente se cuenta con 9 máquinas disponibles.

Pegado de bolsillo

En esta etapa se reciben los cortes que ya fueron cerrados y se unen los bolsillos previamente trabajados. Algunos bolsillos que requieren bordados son tratados en dicha área con anterioridad y permanecen como inventario. A continuación, se presenta la cantidad de máquinas requeridas en el módulo de trabajo:

Tabla 8 Distribución de máquinas en módulo de pegado de bolsillo (unidades)

Mod/Maq	RT	PL	DB	BL	PLB	TOTAL
Módulo 10	6	3	3	2	1	15

Elaboración propia

- Módulos de ensamble:

Empalmado o compaginado

A esta etapa llegan las piezas trabajadas en las secciones de delanteros y espaldas. Se busca balancear las capacidades de ambas etapas anteriores para lograr que las piezas lleguen al mismo momento; sin embargo, generalmente se generan inventarios en espera. La operación se realiza manualmente por el personal asignado y el número de empleados depende de la carga de trabajo del momento.

Remalle

La distribución en esta etapa corresponde más a una distribución por procesos que modular. Al igual que en la etapa de Cerrado, se tienen 10 máquinas remalladoras agrupadas que procesan los flujos provenientes del compaginado o cerrado.

Pespunte de costados

En el módulo 12 se realiza el pespunte de costados, este consiste en la unión de las partes delanteras y posteriores con costuras laterales. La longitud de la costura depende del diseño de la prenda y tiene como finalidad asegurar la unión entre partes. A continuación en la tabla 9 podemos apreciar los tipos y número de máquinas a utilizar en este módulo:

Tabla 9 Distribución de máquinas en módulo de pegado de pespunte de costado
(unidades)

Mod/Maq	RT	PL	DB	TOTAL
Módulo 12	5	5	2	12

Elaboración propia

Pretinado

Para la sección de pretinado clásico se cuenta con cuatro máquinas pretinadoras disponibles agrupadas de acuerdo a una distribución por procesos. Adicionalmente, se tiene el módulo 9 con máquinas disponibles para las operaciones adicionales como, por ejemplo, un pretinado de jeans moda. La tabla 10 muestra el tipo y cantidad de máquinas del módulo 9:

Tabla 10 Distribución de máquinas en módulo de pretinado (unidades)

Mod/Maq	RT	DB	TOTAL
Módulo 9	10	6	16

Elaboración propia

Remalle de pretina y atraque

En esta etapa se asegura la pretina elaborada a la base del pantalón, para ello se utiliza las máquinas pretinadoras. Posteriormente se colocan las presillas que servirán para sujetar la correa, y se realiza el atraque de ojales en la pretina. La tabla 11 muestra el tipo y cantidad de máquinas utilizadas en el módulo 13:

Tabla 11 Distribución de máquinas en módulo de remalle de pretina y atraque (unidades)

Mod/Maq	AT	RT	PT	TOTAL
Módulo 13	6	4	1	11

Elaboración propia

Basta de bota

Como última etapa, se ajustan las bastas de los pantalones con las máquinas basteras del módulo. Se tienen máquinas adicionales para alguna operación especial que requiera el modelo en proceso. La tabla 12 muestra el tipo y cantidad de máquinas a utilizar en el módulo de basta de bota:

Tabla 12 Distribución de máquinas en módulo de basta de bota (unidades)

Mod/Maq	BS	RT	PS	PL	TOTAL
Basta	5	1	1	1	8

Elaboración propia

Adicionalmente a la información mostrada se adjuntan los anexos 3 y 4-a y 4-b. En ellos se muestran detalles de prendas clásicas para dama y caballero elaboradas en la empresa. Estos anexos nos ayudan, además, a identificar cada una de las partes de la prenda como la secreta, pretina, presillas, fundillo, cuchilla, etc. para un mejor entendimiento del proceso.

Las operaciones realizadas en cada módulo se encuentran correctamente identificadas y con tiempos estándar calculados. Este detalle será mostrado posteriormente al analizar la unidad patrón y sus operaciones.

3.4.2 Clasificación de productos

Para conocer cuáles son los productos más representativos de Mortisa se realizará la clasificación ABC de todos sus productos, los cuales serán agrupados por familias que indicarán la marca y el género. Se tomará la data de producción mensual del periodo 2012/10 – 2013/09 (anexo 5), de las cuales se realizarán dos clasificaciones para determinar las familias más importantes:

Clasificación ABC por volumen de producción

Se realizará la primera clasificación ABC en base al volumen de ventas acumulado por familias en el periodo anteriormente mencionado. En la tabla 13 podemos observar que las marcas más producidas son Porner dama y Porner caballero, representando más del 60% de la producción.

Tabla 13 Clasificación ABC por volumen de producción

Marca	Producción	Participación	Acumulado	Clasificación
Porner dama	698,487	42%	42%	A
Porner caballero	394,295	23%	65%	A
Norten	204,497	12%	77%	B
Squizo	143,060	9%	86%	B
Gzecka	128,078	8%	93%	B
Porner niña	54,076	3%	97%	C
Porner niño	51,548	3%	100%	C
Gzecka damas	6,279	0%	100%	C
Otros	818	0%	100%	C
Total	1,681,138	100%		

Elaboración propia

Clasificación ABC por margen de ingresos

La segunda clasificación ABC se realizará en base al margen de contribución, pues podremos observar la cantidad de dinero total que se perciba de manera neta por familia sin guiarnos del volumen de producción solamente. En este sentido, la tabla 14 nos muestra que las marcas Porner dama y Porner caballero son las que dan mayor beneficio a la empresa durante el periodo 2012/10 – 2013/09.

Tabla 14 Clasificación ABC por margen de contribución

Marca	Margen de contribución por prenda	Producción	Margen de contribución total (en miles)	Participación	Acumulado	Clasificación
Porner dama	S/. 96	698,487	S/. 67,379	42%	42%	A
Porner caballero	S/. 94	394,295	S/. 36,869	23%	65%	A
Norten	S/. 91	204,497	S/. 18,509	12%	77%	B
Squizo	S/. 105	143,060	S/. 15,077	9%	86%	B
Gzecka	S/. 106	128,078	S/. 13,634	9%	95%	B
Porner niño	S/. 72	51,548	S/. 3,688	2%	97%	C
Porner niña	S/. 68	54,076	S/. 3,670	2%	100%	C
Gzecka damas	S/. 107	6,279	S/. 671	0%	100%	C
Total	S/. 96	1,680,320	S/. 159,496	100%		

Elaboración propia

Las dos clasificaciones ABC que se han realizado evidencian que la línea de pantalones más importante, tanto en volumen como en margen, es

Porner dama. Asimismo, se observa que se mantiene el orden de importancia de las demás marcas en ambas clasificaciones. Esto puede relacionarse a que el volumen de producción que tiene Porner damas es muy alto comparativamente con el resto, además que el margen de contribución por cada prenda nos muestra una diferencia estrecha.

Por lo tanto, la familia de productos más representativos es la de Porner damas, seguida de Porner caballeros, y obviamente la marca más importante es Porner luego de los resultados revisados.

3.4.3 Unidad patrón y factor de conversión

En este punto definiremos a nuestra unidad patrón y estableceremos los factores de conversión de los demás productos en base a la unidad patrón ya conocida.

Unidad patrón

De la información mostrada en el punto anterior sobre las familias de productos, notamos que la producción de prendas para niños resulta poco significativa en volumen de producción y en ingreso para la empresa. Bajo esta premisa, se realizará los análisis seguidos en base a las demás familias, las cuales pertenecen a la clasificación A y B del inciso anterior.

Además, considerando la diversidad de productos que serán objeto de nuestro análisis, vemos necesario emplear el concepto de artículo patrón como medida base para poder realizar todas las conversiones de los análisis posteriores en una sola unidad. A partir de las familias de productos utilizadas en la clasificación ABC, agruparemos dichas familias en una nueva clasificación más reducida donde solo distinguiremos el tipo de pantalón por la dificultad de elaboración y género de cada uno. Es decir, se clasificará en cuatro:

- Pantalones dama clásico (Porner)
- Pantalones dama moda (Porner, Squizo)
- Pantalones caballero clásico (Porner , Norten)
- Pantalones caballero moda (Porner, Norten, Gzecka)

Tomando la clasificación ABC de los productos ya realizada, nos es bastante conveniente tomar como unidad patrón al producto Clásico Dama. Este producto es el de mayor volumen de producción, lo cual significa mayor inversión en recursos y, con ello, mayor impacto logrado con mejoras que puedan implementarse. Los anexos 6-a y 6-b se muestra el detalle de prenda del artículo patrón; como se mencionó, este es el documento realizado durante el diseño y en él podemos encontrar todas las especificaciones de la prenda y comentarios para un mejor entendimiento de la misma.

La unidad patrón cuenta con una secuencia de operaciones que ha sido debidamente identificada para el desarrollo del estudio y se adjunta en el anexo 7. Este documento acompaña a la orden de producción y permite a los operarios del taller saber qué operaciones requiere cada parte de la prenda, la máquina a utilizar y los tiempos estándar calculados para cada una de las operaciones. Asimismo, de la secuencia de operaciones se ha elaborado el diagrama de operaciones del proceso (DOP), este se muestra en el anexo 6-a. Dentro de este diagrama encontramos todas las operaciones realizadas a la prenda en proceso y agrupadas por componente, además de los tiempos estándar en minutos. Con estas herramientas logramos calcular el tiempo estándar unitario para la fabricación de una unidad patrón, y el valor obtenido es de 10,6 minutos el cual se obtiene sumando los tiempos de la cadena principal que marcan el ritmo de producción de un jeans (el detalle se puede apreciar en el anexo 6-b). Este tiempo estándar de 10,6 minutos para los pantalones dama clásico será el punto de partida para establecer los factores de conversión

siguientes respecto a los tiempos estándar de las otras 3 familias de pantalones clasificadas.

Factor de conversión

Es necesario establecer factores de conversión entre las distintas familias de productos, pues no se puede medir a todos los productos de la misma manera, ya que, todos tienen distintos tiempos estándar según los procesos y complejidad de elaboración de cada pantalón.

En este sentido, consideraremos tres factores de conversión partiendo de la ya establecida unidad patrón: Pantalones dama clásico. Como ya se mencionó en el punto anterior, el tiempo estándar de la unidad patrón calculado del diagrama de operaciones es de 10,6 minutos. Por otro lado, a partir de la secuencia de operaciones mostrada en los anexos 8, 9-a, 9-b y 10, en la tabla 15 obtendremos los tiempos estándar de las unidades a convertir respectivamente:

Tabla 15 Tiempos estándar por familia de productos

Categoría	T. Estándar (min)
Pantalones dama moda	12.5
Pantalones caballero clásico	8.9
Pantalones caballero moda	11.2

Elaboración propia

Es decir, tendremos los factores de conversión mostrados en la tabla 16:

Tabla 16 Factor de conversión por familia de productos

Categoría	Factor de conversión (unidades patrón)
Pantalones dama moda	1.18
Pantalones caballero clásico	0.84
Pantalones caballero moda	1.06

Elaboración propia

3.5 Indicadores

3.5.1 Capacidad real en unidad patrón

La capacidad actual de la planta se medirá a partir de los porcentajes de producción reales y, al mismo tiempo, de los factores de conversión calculados para las clasificaciones por familia de productos del punto anterior.

Los porcentajes reales de los productos agrupados en sus respectivas familias, en promedio, se muestran a continuación en la tabla 17. Estos valores se obtienen de la tabla 13 sin considerar los productos con clasificación C.

Tabla 17 Porcentaje de producción anual por familia

Categoría	Porcentaje de la producción anual
Pantalones dama clásico	45%
Pantalones dama moda	9%
Pantalones caballero clásico	25%
Pantalones caballero moda	21%

Elaboración propia

Además, de acuerdo a los niveles de producción mensual que se muestran en el anexo 5, se tiene una producción media de aproximadamente 140 mil pantalones durante el periodo 2012/10 – 2013/09, lo que nos permite tener los siguientes volúmenes de producción para cada familia mostrados en la tabla 18:

Tabla 18 Producción anual en unidades por familia

Categoría	Producción anual (miles de unidades)
Pantalones dama clásico	62.3
Pantalones dama moda	12.8
Pantalones caballero clásico	35.2
Pantalones caballero moda	29.7

Elaboración propia

Con la ayuda de los factores de conversión calculados, en la tabla 19 obtendremos la capacidad actual media de la planta en función de la unidad patrón:

Tabla 19 Capacidad real en unidades patrón

Categoría	Producción anual (miles de unidades)	Factor de conversión	Unidades patrón
Pantalones dama clásico	62.3	1	62.3
Pantalones dama moda	12.8	1.18	15.1
Pantalones caballero clásico	35.2	0.84	29.6
Pantalones caballero moda	29.7	1.06	31.5
	140.0		138.5

Elaboración propia

Es decir, podemos decir que los 140 mil pantalones producidos en la planta equivalen a hablar de unos 138.5 mil pantalones en unidad patrón.

3.5.2 Capacidad teórica equivalente en unidad patrón

A partir de la cantidad de pantalones por unidad patrón (138.5 mil unidades) y considerando además que los operarios trabajan 9 horas efectivas diarias de lunes a viernes y los sábados 6 horas más tenemos un tiempo de trabajo de 51 horas operario/semana o 13,320 minutos operario/mes se puede obtener la cadencia real:

$$\frac{\text{Tiempo de producción mensual (segundos)}}{\text{Producción (unidades)}} = \frac{799,200}{138,448} = 5.77 \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}$$

3.5.3 Productividad laboral

Este indicador nos permite conocer cuánto es lo que se paga a cada operario en remuneraciones mensuales según la cantidad de prendas producidas en promedio mensualmente.

$$\frac{\text{Remuneraciones pagadas a operarios (S/.)}}{\text{Producción (unidades)}} = \frac{193,526}{138,448} = 1.40 \frac{\text{S/.}}{\text{unidad}}$$

3.5.4 Tiempo de respuesta o *lead time*

Existen diversas definiciones de *lead time* tales como que es el tiempo desde el inicio del proceso de producción hasta que se coloca el producto a disposición del cliente. También se define como el tiempo total que transcurre desde que se genera la orden de fabricación hasta que se obtiene el producto terminado. Entendemos entonces que las definiciones de *lead time* varían de acuerdo al alcance que se crea conveniente tomar para su medición, incluso puede tomarse como el tiempo desde la recepción de la orden hasta la colocación del pedido.

La reducción de este indicador es fundamental para la verificación del cumplimiento de nuestros objetivos de mejora, la mejora en el tiempo de respuesta nos ayuda a reducir significativamente los costos de producción, inventarios en proceso y deficiencias de calidad, entre otros beneficios.

Dado el alcance de nuestro estudio, definiremos el tiempo de respuesta como la cantidad de días transcurridos desde que se recibe la orden de producción en Confecciones hasta que se entregan los productos al siguiente proceso (Lavandería o Acabados).

3.5.5 Tiempo de ciclo total

Este indicador mide el tiempo total transcurrido desde que se inicia la producción de una unidad hasta que ésta abandona el proceso productivo satisfactoriamente, este concepto es también aplicable a cada subproceso o cada estación de trabajo. Se emplea para realizar los balances de capacidades en las estaciones y optimizar el flujo. Adicionalmente, nos permite compararlo contra el tiempo *takt* marcado por el cliente, verificar si se logrará cumplir con el objetivo de tiempo de entrega y tomar las medidas necesarias.

3.5.6 Horas hombre y horas extra de operarios

Un buen indicador de medición sobre lo que se quiere mejorar va ligado al tiempo disponible para producir de cada empleado en la planta. Si las mejoras permiten agilizar la producción, debe ser una consecuencia la reducción del uso de horas extras. Por lo tanto, la cantidad de horas que pueda trabajar un operario va ligado al tiempo de ciclo y al *lead time* de producción, pues permitirá tener la misma cantidad de productos necesarios en menor tiempo.

3.6 Identificación de desperdicios y problemas del área de Confección

Luego de saber que el área de Confecciones será el área objetivo de estudio del presente trabajo, nos centraremos en realizar el diagnóstico del área analizando los desperdicios de la teoría de manufactura esbelta y otros puntos que se han podido observar en el proceso de confección que pueden ser fuente de mejora. A continuación, describiremos uno a uno los defectos y luego se realizará una matriz de enfrentamiento de los mismos para conocer cuáles son los defectos más importantes a resolver en el área de Confecciones:

3.6.1 Sobreproducción

El exceso de producción es uno de los desperdicios que genera indirectamente el inicio de varios otros que trataremos posteriormente en el presente capítulo. La sobreproducción genera sobreutilización ineficiente de la mano de obra, además de incrementar los costos de inventario de los productos terminados, necesidad de espacio de almacenamiento, entre otros. En Mortisa, está muy arraigado el pensamiento de almacenar productos preparándose para las temporadas de alta demanda, lo cual requiere de la sobreproducción durante casi todo el año.

Una de las principales causas de la sobreproducción es la mala planificación para el lanzamiento de las órdenes de producción, donde no

se realiza correctamente la distribución de tallas de acuerdo a lo demandado por el mercado. Otro motivo es el de los lotes mínimos de producción que es marcado por los lotes de corte; es decir, si el inventario de tela de cierto tipo y color no es suficiente para la producción de otro modelo, es obligatorio que se agote más tela del inventario de la orden actual, lo cual generará una mayor producción de lo requerido.

En la tabla 20 se muestra la cantidad de prendas que fueron procesadas adicionalmente por lote de corte en los meses de mayo a julio del año 2013. En promedio 3.3 mil prendas por mes.

Tabla 20 Sobreproducción por exceso de corte

Mes	Número de prendas
Mayo	3.4
Junio	2.9
Julio	3.6
Total trimestre	9.9
Promedio mensual en exceso	3.3

Fuente: Producción Plano Mortisa – Mayo a Julio 2013
Elaboración propia

3.6.2 Esperas

Este desperdicio está relacionado con el tiempo improductivo de la mano de obra. Algunas causas de este problema se dan cuando un operario espera al término de una operación anterior para poder continuar, o cuando se presenta algún fallo de máquina. Este desperdicio no es medido por la empresa en la actualidad, debido a que se tiene inventario en proceso en las operaciones intermedias y todos los operarios trabajan al pago por destajo (en su mayoría), con lo que se sabe que todos trabajan sin demoras y tratando de producir lo más que puedan.

3.6.3 Transportes

Las diversas partes de la planta han sido ubicadas en puntos que puedan entrar las capacidades de las áreas y no se ha respetado el tener una secuencia de áreas según las operaciones que correspondan continuamente en todos los casos. En tal sentido, dentro del área de Confecciones actualmente se cuenta con una disposición modular distribuida por parte del jeans, con lo que tenemos módulos para partes delanteras, posteriores, uniones, pretinas, entre otros. Estos módulos no se encuentran conectados unos a otros, por lo que se hace necesario consolidar inventarios al final de cada uno de dicho módulos. Posteriormente se procede a transportar las partes almacenadas en carritos o contenedores.

3.6.4 Exceso de inventarios

En el área de Confecciones se tiene inventarios en distintos puntos. El primer exceso de inventarios importante es a la entrada del proceso, porque las partes provenientes del área de Corte son puestos en un almacén temporal a la espera de ser repartidas entre los módulos e iniciar el proceso de confección. Además, existen tiempos de espera considerables dentro del proceso, ya que, las partes que van de módulo a módulo son almacenadas en contenedores hasta ser movilizadas y ser repartidas entre los respectivos puestos de trabajo. La cantidad a almacenar no es estándar ni sigue un procedimiento establecido, este stock es mantenido hasta que el siguiente módulo se encuentre habilitado para procesarlo.

Según información proporcionada por la empresa, el tiempo promedio en días por cada orden de producción en el taller de Confecciones es de 19.4, mientras que los tamaños de estas órdenes son en promedio de 3.2 mil pantalones.

A continuación se muestra en la tabla 21 la distribución de tiempo en días y tamaño de lote encontrados en la empresa:

Tabla 21 Características de órdenes de producción

Orden de Producción	Mín	Prom.	Máx
Tiempo de procesamiento (Días)	6	19	57
Tamaño (Ctd)	500	3,204	12,104

Fuente: Producción Plano Mortisa – Mayo a Julio 2013
Elaboración propia

Por otro lado, se cuenta con la información de todas las órdenes de producción recibidas por el taller desde el día 26 de abril hasta el 31 de agosto del año 2013. Para cada orden de producción se especifica el tamaño de orden, día de ingreso y salida del taller.



Gráfico 8 Inventario en proceso por día

Fuente: Producción Plano Mortisa – Mayo a Agosto 2013
Elaboración propia

De acuerdo a ello, se ha podido obtener la gráfica anterior (Gráfico 8) de inventarios en proceso en el taller donde observamos que se llega a almacenar hasta 100 mil prendas en proceso en determinados días (anexo 11), lo que representa el 70% de la producción mensual promedio.

3.6.5 Defectos

Los operarios de la planta están instruidos para que puedan realizar una operación de la manera más efectiva posible sin tener que incurrir en errores que a la larga presenten una prenda defectuosa. Sin embargo, debido a que cada operario tiene objetivos de producción relacionados directamente con su salario, es posible encontrar prendas defectuosas a la salida del proceso de confecciones, estas prendas retornan en la mayoría de los casos al área en que se trabajó la parte para que sea reprocesada.

3.6.6 Exceso de movimientos

Para el caso de este tipo de desperdicios, resulta para la empresa complicado hacer un mapeo exhaustivo de los movimientos realizados de cada uno de los operarios en sus puestos de trabajo, considerando además que muchos de ellos son polifuncionales y se pueden adaptar a las necesidades de la línea. No existe desplazamiento de los operarios de máquinas durante el proceso productivo, pero puede darse el caso de exceso de movimientos en el puesto a causa de una mala distribución del mismo. Se ha identificado casos en los que los utensilios y herramientas empleados por los operarios no cuentan con un lugar fijo y demarcado dentro del puesto de trabajo, estos son ocultados por las prendas durante su procesamiento generando movimientos innecesarios para volver a tomarlos. Este problema será tratado más adelante dentro de las propuestas de mejora.

3.6.7 Sobreprocesamiento

Cada operación en el área de Confecciones tiene una secuencia de pasos establecidos a realizarse; sin embargo, no todos los pantalones que se producen corresponden al mismo modelo, por lo que se necesita experimentar nuevos movimientos. En un principio, estos movimientos pueden ser excesivos comparados con los realmente necesarios, ya que, el

método correcto se encontrará luego de ya conocer exactamente el modelo a producir.

La empresa busca contratar empleados que hayan desarrollado métodos efectivos para realizar sus operaciones correctamente y en el menor tiempo posible. Sin embargo, no todos los operarios cuentan con el mismo nivel de experiencia. En nuestro caso, no es posible cuantificar este desperdicio pero sí se ha identificado operaciones susceptibles de mejora que serán tratadas más adelante con un estudio de movimientos.

3.6.8 RRHH mal utilizado

La mayoría de personas que labora en la planta es la mano de obra (operarios); como es conocido, este un factor generador de costos significativo y que debe ser administrado al mayor detalle posible. Sin embargo, consideramos que se incurre en este problema al no explotar la capacidad de la planta y en requerir el uso de horas extras para lograr los objetivos de producción, porque no hay un uso eficiente del recurso, y más aún cuando se emplea operarios para producir prendas que no son necesarias y a un costo elevado. Como se indicó anteriormente, el área de Confecciones genera aproximadamente el 50% de las horas extras pagadas por la empresa y es el área con mayor número de unidades pendientes de procesamiento representando el 32%, lo cual es un indicador claro de que es necesario optimizar el uso de la mano de obra.

3.6.9 Limpieza y orden

En los pasillos de la planta encontramos gran cantidad de retazos y material excedente del proceso que dificultan el tránsito e imposibilitan el orden de los puestos de trabajo (anexo 12). No existe un programa o procedimiento de orden y limpieza establecido e impulsado por la empresa que ayude a mejorar la situación actual. Consideramos que este es un punto crítico en el taller de confecciones debido a que hay gran acumulación de materiales y

desperdicios que pueden afectar el desarrollo correcto de las operaciones, además hay un factor humano asociado al orden y limpieza que puede influir negativamente en el desempeño de los trabajadores. Este problema será tratado en las mejoras al caso de estudio.

3.6.10 Seguridad y salud en el trabajo

El problema de seguridad se genera a partir de la desorganización del taller de confecciones. El desorden ocasionado puede desencadenar en posibles accidentes, pues los pasadizos y áreas destinadas al flujo de personas y materiales se encuentran obstruidos por mesas y carritos de prendas con lo cual existe riesgo de golpes y tropiezos. Por otro lado, no se cuenta con un programa de salud para el operario, no se emplean mascarillas o protectores respiratorios contra el polvillo del ambiente y de las telas trabajadas. Este problema será tratado en las mejoras al caso de estudio.

3.6.11 Ergonomía

Los puestos de trabajo de la planta en general no son ergonómicos. Los operarios normalmente trabajan sentados en rústicas sillas de madera durante todas las horas de la jornada de trabajo. La altura de las mesas y la disposición del puesto de trabajo obligan a los operarios a trabajar en posturas inadecuadas como se observa en el anexo 12. La falta de ergonomía combinado con las prolongadas jornadas laborales genera diversos problemas a la salud de los trabajadores como son ausentismo, reducción de la productividad, entre otros problemas. Este problema será tratado en las mejoras al caso de estudio.

Luego de haber descrito los problemas o desperdicios identificados en el área de Confecciones, realizaremos una matriz de enfrentamiento entre ellos (Tabla 22). Esta herramienta nos permitirá otorgarle un nivel de relevancia relativa a cada problema al realizar la comparación de cada par, para finalmente identificar los problemas cuya mejora debe ser prioritaria.

La comparación de los desperdicios se realizará cuando se crucen dentro de la matriz dos desperdicios. Si el desperdicio en la fila tiene mayor relevancia se otorga el número uno, en caso contrario se coloca el número cero. La matriz de enfrentamiento se muestra en la tabla 22 que se presenta a continuación:

Tabla 22 Matriz de enfrentamiento de desperdicios y problemas identificados

	Sobreproducción	Esperas	Exceso de transportes	Exceso de inventarios en proceso	Defectos	Exceso de movimientos	Sobrepesamiento	Recursos humanos mal empleados	Orden y limpieza	Seguridad en el trabajo	Ergonomía	Subtotal	Peso
Sobreproducción		1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9	12
Esperas	0		0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	4
Exceso de transportes	1	1		1	0	1	1	1	0	0	1	7	9
Exceso de inventarios en proceso	1	1	1		0	1	1	1	0	0	1	7	9
Defectos	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	10	13
Exceso de movimientos	0	1	0	0	0		1	0	0	0	1	3	4
Sobrepesamiento	0	1	0	0	0	1		1	1	0	1	5	7
Recursos humanos mal empleados	0	1	1	0	0	1	1		1	0	0	5	7
Orden y limpieza	1	1	1	1	0	1	1	1		0	0	7	9
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	10	13
Ergonomía	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		10	13
												76	100

Elaboración Propia

El resultado obtenido luego de esta evaluación será empleado en el siguiente capítulo, y a partir de este se determinarán las herramientas a emplear.

CAPÍTULO 4. ALTERNATIVAS DE PROPUESTA DE MEJORA

En el presente capítulo se evaluarán las posibles herramientas a emplear en el estudio del caso. Posteriormente se desarrollaran las alternativas de mejora propuestas.

4.1 Selección de herramientas a emplear

Partiendo de los desperdicios identificados en el capítulo anterior elaboraremos el siguiente cuadro resumen con los más relevantes.

Tabla 23 Desperdicios más relevantes identificados

Desperdicio	Porcentaje
Sobreproducción	12
Exceso de transportes	9
Exceso de inventarios en proceso	9
Defectos	13
Recursos humanos mal empleados	7
Orden y limpieza	9
Seguridad en el trabajo	13
Ergonomía	13
	100

Elaboración propia

A partir del nivel de relevancia determinado para cada uno de los desperdicios o problemas identificados para el área de Confecciones, plantearemos como alternativas las diversas herramientas que podrían implementarse para lograr mejorar el desempeño de la empresa.

En la tabla 24, se ha realizado una matriz que enfrenta las posibles herramientas que podríamos emplear y los desperdicios o pérdidas identificadas. Para cada herramienta se ha colocado un puntaje equivalente al porcentaje de relevancia del problema a tratar. De este modo logramos establecer un *ranking* entre herramientas identificando aquellas que tienen un mayor alcance o que dan mayor aporte en la mejora de los problemas encontrados en el área de Confecciones. Es necesario mencionar que no todas las herramientas ayudan en la misma medida a solucionar cada uno de los problemas identificados, posiblemente unas aporten con más significancia que otras. A pesar de ello, consideramos que las alternativas nunca deben ser mejoras aisladas, sino que deben siempre complementarse para lograr resultados más sólidos y de mayor impacto en los indicadores planteados.

Luego de evaluar los beneficios de las herramientas analizadas, concluimos en emplear las 5'S, un nuevo diseño del layout y nuevo balance de línea basado en el tiempo *takt* determinado por la demanda mensual. Adicionalmente, se realizará una mejora en el método de algunas operaciones críticas identificadas posteriormente. Consideramos a estas las herramientas que mejor se adaptan a la realidad de la empresa y con las que lograremos tratar la totalidad de los desperdicios conocidos.

Tabla 24 Puntuación de herramientas a emplear

Herramienta \ Desperdicio	5S	Balace de línea	Sistemas visuales e inspección en el puesto	Poka Yoke	Redistribución de planta	SMED
Sobreproducción		12	12			12
Esperas		4			4	4
Exceso de transportes		9			9	
Exceso de inventarios en proceso		9			9	
Defectos	13		13	13		
Exceso de movimientos	4			4	4	4
Sobreprocesamiento		7		7		
Recursos humanos mal empleados	7	7	7	7	7	7
Orden y limpieza	9				9	
Seguridad en el trabajo	13				13	
Ergonomía	13					
	59	48	32	31	55	27

Elaboración propia

4.2 Balance de línea

4.2.1 Cálculo del tiempo *takt*

Debido a que el tiempo *takt* es el tiempo de respuesta determinado a partir de la demanda y el tiempo disponible para producir, haremos el cálculo de este en base a la demanda de un cliente interno. Este cliente debe ser el siguiente área cuello de botella de la empresa luego del taller de confecciones (segunda área con menor volumen de producción)

En este caso, tenemos al área de Lavandería que cuenta con una capacidad máxima mensual de trabajar 167 mil pantalones de acuerdo a la información brindada por la empresa, lo cual equivale a aproximadamente

165 mil pantalones de unidad patrón. Con esta cantidad se podrá calcular el tiempo *takt* en base al tiempo mensual trabajado (sin horas extras); es decir, 13,320 minutos operario/mes o 799,200 segundos operario/mes calculados anteriormente.

$$T. \text{ takt} = \frac{799,200 \text{ segundos}}{165,000 \text{ pantalones}} = 4,84 \frac{\text{segundos}}{\text{pantalón}}$$

Este tiempo *takt* calculado nos permite saber cuál es el tiempo límite en el que debe transferirse un pantalón ya terminado del área de Confecciones a la siguiente área para garantizar el cumplimiento de la demanda interna optimizando el flujo del producto en proceso dentro del área.

Sin embargo, como sabemos que pueden ocurrir imprevistos y no es preferible planificar la producción en base al tiempo máximo, haremos un ajuste en el tiempo que permita trabajar con una holgura. El tiempo máximo de salida del área de Confecciones será de 4.5 segundos por pantalón, determinado arbitrariamente y que puede ser ajustado posteriormente de acuerdo a los resultados obtenidos. Esto representa trabajar con una holgura de 7% respecto al tiempo en el que queremos producir para satisfacer al área de Lavandería.

4.2.2 Tiempo *pitch*

El tiempo *takt* que se calculó en el punto anterior es un tiempo que se mide por cada unidad que saldrá del área de Confecciones. Sin embargo, al ser este un tiempo tan corto (4.5 segundos por unidad), es mejor tener un tiempo *pitch* en base a un lote representativo de pantalones que permita tener un mejor control de las unidades que estén saliendo del área.

En nuestro caso, hemos calculado este tiempo *pitch* en base a un lote de 20 unidades que será el lote a transferir entre puestos para procesarse y

controlarse respectivamente. Se ha considerado este tamaño de lote debido a que, de acuerdo a lo observado, permite un paso de materiales entre puestos de trabajo sin necesidad de un personal adicional como un volante o transporte.

$$T. \text{ pitch} = 4,5 \times 20 = 90 \text{ segundos}$$

4.2.3 Balance de línea

Gracias al tiempo *pitch* calculado ahora se puede hacer el balance respectivo de la cantidad de máquinas o puestos de trabajo por cada operación del proceso. En base al DOP, se ha elaborado el siguiente diagrama de flujo mostrando todas las operaciones de la línea principal y las que se desarrollan en paralelo en el gráfico 9.

A la salida del proceso se tiene la demanda interna objetivo la que es igual a 165 mil unidades mensuales de producto patrón y el tiempo objetivo. En base a estos parámetros se realizará el balance de línea propuesto.

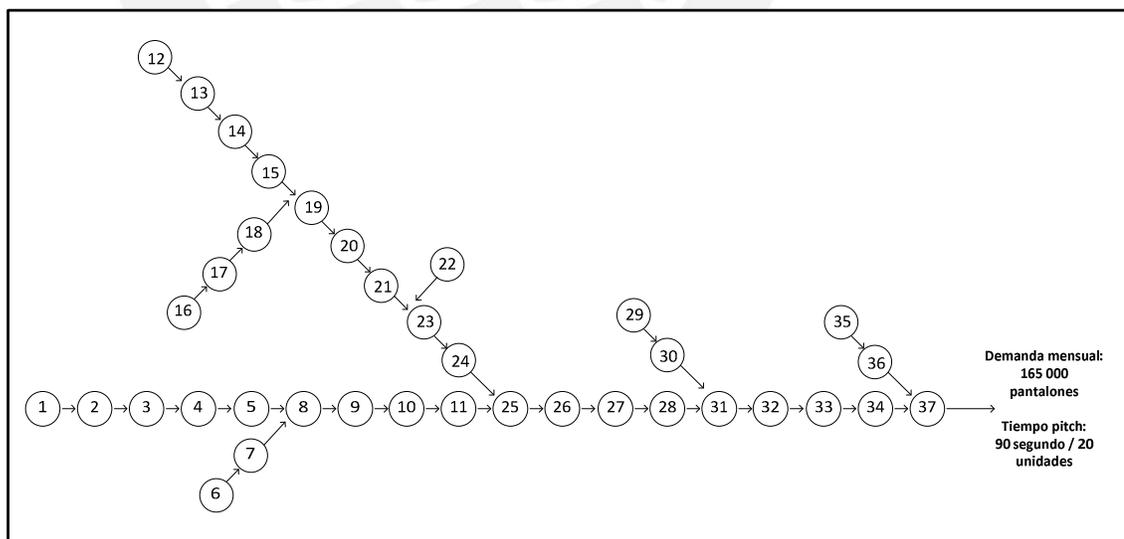


Gráfico 9 Diagrama de flujo de operaciones y demanda mensual

Elaboración propia

La realización del presente balance de línea nos permitirá conocer la cantidad adecuada de máquinas o puestos de trabajo que se requiere para mantener el ritmo de producción indicado. Además, en el gráfico 10 se muestran los tiempos estándar de las operaciones del proceso los cuales serán el principal input dentro del balance a realizar. Como se observa, existe variabilidad entre los tiempos por operación. Aquellos con tiempos elevados requerirán mayor cantidad de puestos de trabajo, adicionalmente, podría realizarse un estudio de métodos y movimientos para reducirlos.

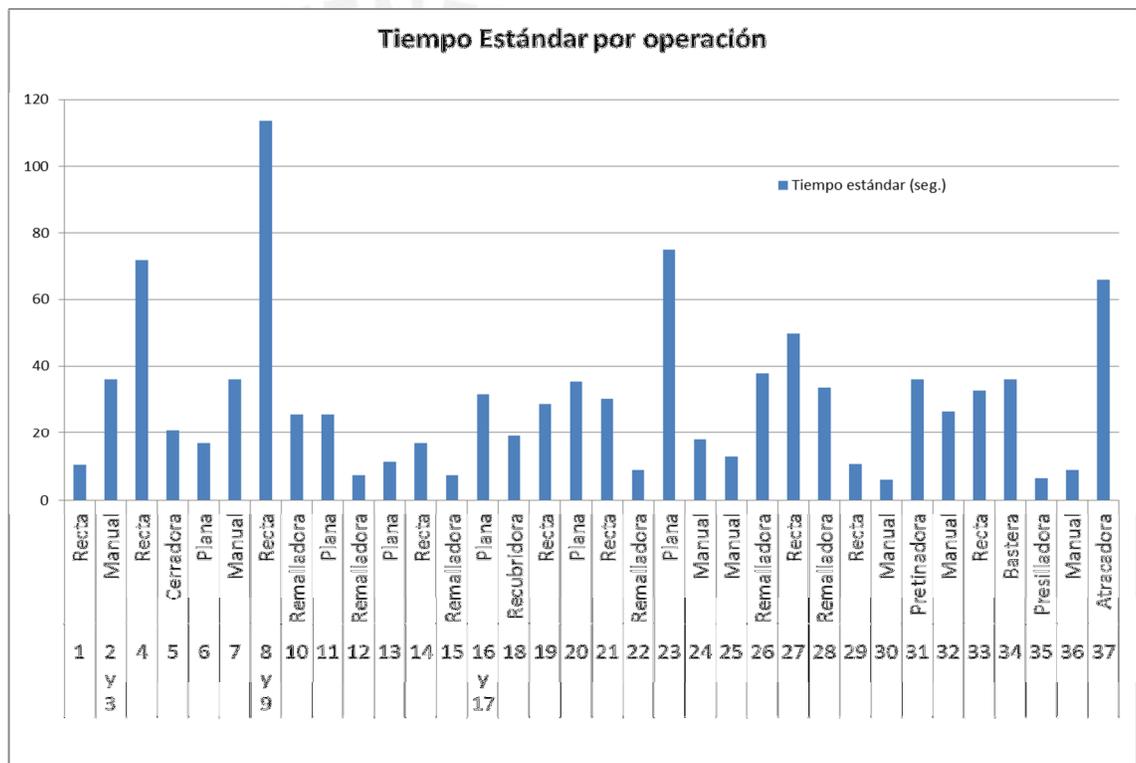


Gráfico 10 Tiempo estándar por operación

Elaboración propia

El objetivo del balance a realizar es lograr que las cadencias de cada una de las operaciones no superen a la cadencia que requerimos para el proceso (4.5 segundos). A su vez, optimizar el número de puestos de trabajo mejorando el porcentaje de utilización.

En la tabla 25 se mostrarán los tiempos estándar por operación en segundos elaborada a partir del DOP del producto patrón. El tiempo de ciclo total del proceso, obtenido a partir de la suma de los tiempos de ciclo de cada operación, es de 1010.7 segundos. Empleando los conceptos de balance de línea en base a la manufactura esbelta se calculará a continuación la cantidad teórica de puestos de trabajo que deberíamos tener en el proceso.

Para calcular la cantidad de puestos de trabajo se divide el tiempo total durante el cual se opera la pieza entre el tiempo *takt* o la cadencia calculada a partir de la demanda, tal como se muestra a continuación:

$$\text{N}^\circ \text{ de puestos} = \frac{\text{Tiempo total de trabajo}}{\text{Tiempo takt}} = \frac{1010.7 \text{ segundos}}{4.5 \text{ segundos}} = 224.6 \text{ puestos}$$

Teóricamente el número de puestos que debería tener el proceso es de 225 puestos; sin embargo, este tipo de cálculos supone que las operaciones que tienen un tiempo mayor al tiempo *takt* pueden ser descompuestas o agrupadas, según sea el caso, para lograr dicho tiempo objetivo.

Es importante notar que todos los tiempos estándar dentro del proceso son mayores al tiempo *takt*. Además, debido a la naturaleza del método empleado para cada una de las operaciones, tampoco es factible descomponer las mismas en operaciones más pequeñas de 4.5 segundos. Esto llevaría a elevar la cantidad de personas y puestos de trabajo altamente especializados en operaciones cortas lo cual podría generar problemas de flexibilidad en el futuro. El balance a realizar se basará en incrementar la cantidad de puestos de trabajo por operación con la finalidad de lograr, en conjunto, abastecer a la siguiente operación con 20 prendas en el tiempo de 90 segundos, de acuerdo al tiempo *pitch* preestablecido.

Para el cálculo de la cantidad de puestos de trabajo por operación se dividió el tiempo estándar de la operación por el factor 90 seg/20 un. Se han agrupado las operaciones consecutivas que se realizan en el mismo tipo de máquina y que correspondan a la misma parte del pantalón, de modo que solo se emplee un operario para realizar dichas funciones. El procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$\text{N}^\circ \text{ de puestos} = \frac{\text{Tiempo estándar} \times \text{Lote}}{\text{Tiempo pitch}}$$

De acuerdo a la fórmula a emplear, el número de puestos de trabajo que se requieren para la operación 1 es el siguiente:

$$\text{N}^\circ \text{ de puestos } 1 = \frac{10.584 \times 20}{90} = 2.352 \text{ puestos}$$

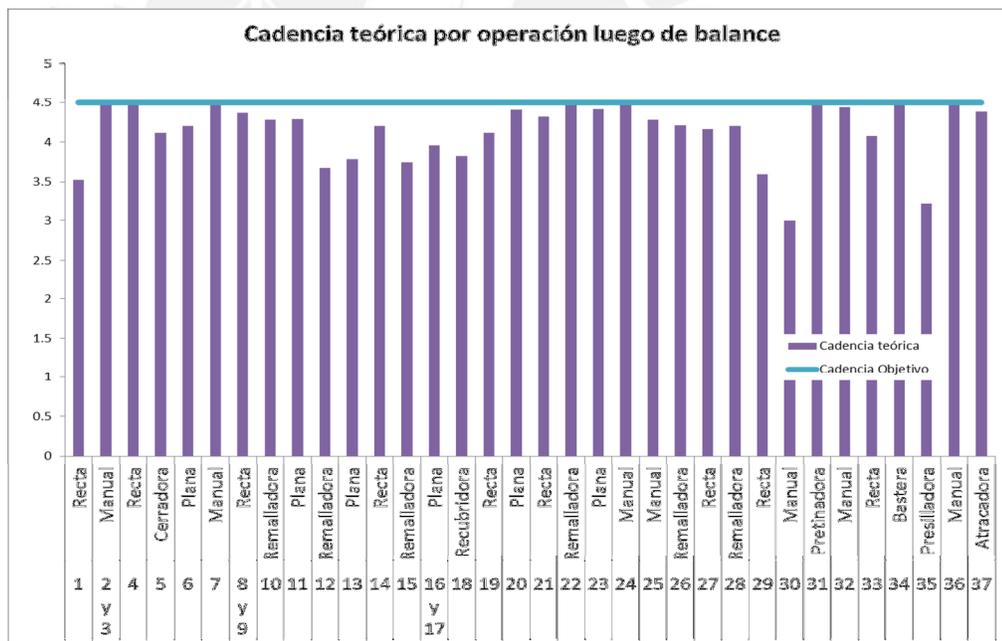


Gráfico 11 Cadencia teórica por operación

Elaboración propia

Con el balance de línea descrito se logra mantener la cadencia de las operaciones por debajo del objetivo, tal como se observa en el gráfico 11.

A continuación, la cantidad de puestos determinados para cada operación:

Tabla 25 Balance de línea usando el tiempo pitch

Est-	Op.	Descripción de máquina/puesto	T. est.(seg.)	N° de puestos	N° de puestos ajustado	Cadencia teórica
1	1	Recta	10.584	2.352	3	3.528
	2	Manual	18.000	8	8	4.500
	3	Manual	18.000			
	4	Recta	72.000	16	16	4.500
	5	Cerradora	20.568	4.57	5	4.114
2	6	Plana	16.800	3.73	4	4.200
	7	Manual	36.000	8	8	4.500
3	8	Recta	59.016	25.23	26	4.368
	9	Recta	54.540			
	10	Remalladora	25.710	5.71	6	4.285
	11	Plana	25.728	5.72	6	4.288
4	12	Remalladora	7.356	1.634	2	3.678
	13	Plana	11.352	2.52	3	3.784
5	14	Recta	16.800	3.73	4	4.200
6	15	Remalladora	7.500	1.67	2	3.750
7	16	Plana	13.686	7.04	8	3.961
	17	Plana	18.000			
	18	Recubridora	19.140	4.25	5	3.828
8	19	Recta	28.800	6.4	7	4.114
	20	Plana	35.280	7.84	8	4.410
	21	Recta	30.240	6.72	7	4.320
9	22	Remalladora	9.000	2	2	4.500
10	23	Plana	75.000	16.667	17	4.412
	24	Manual	18.000	4	4	4.500
11	25	Manual	12.852	2.856	3	4.284
	26	Remalladora	37.890	8.42	9	4.210
	27	Recta	50.000	11.11	12	4.167
	28	Remalladora	33.600	7.46	8	4.200
12	29	Recta	10.800	2.4	3	3.600
	30	Manual	6.000	1.33	2	3.000
13	31	Pretinadora	36.000	8	8	4.500
	32	Manual	26.640	5.92	6	4.440
	33	Recta	32.640	7.25	8	4.080
	34	Bastera	36.000	8	8	4.500
14	35	Presilladora	6.420	1.42	2	3.210
	36	Manual	9.000	2	2	4.500
15	37	Atracadora	65.760	14.61	15	4.384
			1010.702	224.6	237	

Elaboración propia

4.3 Simulación de Balance de línea inicial

Se ha realizado una simulación del balance de línea propuesto inicialmente con la finalidad de validar los tiempos de producción por operación determinados, los cuales deben ser aproximados a 90 segundos por cada 20 prendas. Adicionalmente, el modelo de simulación nos permitirá identificar las operaciones más críticas del proceso productivo, y también nos brindará información de las colas que se generan en el proceso, utilización de los recursos, unidades promedio fabricadas por operación, entre otros datos.

4.3.1 Componentes del modelo

Entidades

Son todas las partes del pantalón que ingresan al proceso productivo. Estas se procesan en forma paralela en sus módulos respectivos y se ensamblan en el orden establecido en el DOP. Para el proceso productivo de la unidad patrón hemos identificado las siguientes entidades:

- Posterior
- Bolsillo posterior
- Delanteros y Garetá
- Secreta y vista
- Garetón
- Pretina
- Presillas

Para determinar los tiempos entre llegadas se ha considerado el tiempo objetivo del balance de línea. Es decir, la distribución que sigue los tiempos entre llegadas (*interval*) es igual a un tiempo constante de 90 segundos mientras que el tamaño de lote de entrada (*batch size*) es de 20 piezas. Es posible aplicar este criterio dado que todas las piezas de la orden de producción son cortadas previamente y dicha actividad es llevada a cabo por el área de Corte, la cual se encuentra fuera del alcance del presente estudio.

Las piezas cortadas se colocan en pallets, los cuales están en almacenes temporales a la entrada del área de Confecciones y posteriormente son trasladadas a los módulos que correspondan. No existe situación de desabastecimiento de piezas recién cortadas.

Atributos

Se han definido dos atributos para la simulación del balance de línea. El atributo de nombre “Pieza” nos permite identificar a qué parte del pantalón corresponde la unidad y de acuerdo a ello conocer el origen y destino; es decir, de donde proviene y con qué piezas corresponde ser ensamblada. Esta información se encuentra en la tabla 25 y gráfico 9.

Por otro lado, se definió el atributo “Tinicio” el cual nos permite conocer el tiempo de llegada de una entidad a la cola de cada operación. Este nos permitirá conocer también el tiempo que toma en operar las 20 entidades que hemos considerado como lote de transferencia. Se han definido 34 atributos “Tinicio” distintos, uno para cada operación del proceso.

Colas

Nos brinda información de las esperas de cada entidad antes de ser procesadas. Para nuestra simulación se han definido 34 colas correspondientes a cada una de las operaciones, además de 2 colas por cada uno de los ensambles a realizar, haciendo un total de 36 colas.

Contadores

Se han definido 34 contadores distintos, uno a la salida de cada operación. Los contadores nos indican cuántos grupos de 20 unidades salen de cada operación durante el tiempo que dure la simulación. Adicionalmente se definió el contador “PantalonesProducidos” que nos indica el número de unidades de producto final que se tiene a la salida del modelo.

Recursos

Son los operarios o máquinas que realizan las operaciones a cada una de las partes del pantalón, para nuestro caso se ha definido 34 recursos distintos y la capacidad de cada uno de ellos se ha tomado a partir del número de puestos ajustado (tabla 25). Los tiempos de atención de cada recurso se han asumido constantes e iguales a los tiempos estándar por operación.

Estaciones

Se han definido 15 sub modelos o estaciones independientes, cada una de ellas se encarga de operar una pieza o ensamble del pantalón. El detalle de estaciones y operaciones que se realizan en ellas se encuentra en la tabla 25.

Variables

Nos permiten obtener cálculos con la información general del modelo y no son dependientes de cada entidad como los atributos. Se ha definido 34 variables que nos ayudarán a calcular el tiempo promedio en que toma a cada operación obtener un grupo de 20 piezas para formar el lote de transferencia. Además se ha determinado que la variable se actualice siempre en el instante de fin de la corrida.

$$T_{\text{prom Operación X}} = \frac{TFIN - TMIN(\text{Tinicio Operación X})}{\text{Contador(Operación X)}}$$

Donde:

TFIN: Instante de fin de la corrida

TMIN(Operación X): Instante en que se forman el primer lote de transferencia

Contador(Operación X): Número de lotes de procesa la operación

Este cálculo nos permite obtener un valor más real del tiempo promedio de operación por lote, ya que, en situaciones de arranque de producción las operaciones más cercanas al final de la cadena se encontrarían inoperativas y este tiempo no es medido. En situaciones reales, mientras se arranca la producción, las operaciones finales seguirían procesando los productos de la orden de producción anterior.

4.3.2 Descripción del modelo

Para la simulación del balance de línea inicial, se ha dividido el sistema en 15 sub modelos, los cuales se dividen entre sub modelos de inicio y sub modelos de ensamble según las piezas y operaciones que realicen.

Los sub modelos de inicio son las estaciones 1, 2, 4, 7, 9, 12 y 14. En estos sub modelos se inicia con un Block Create tal como se definió anteriormente, con un Batch Size de 20 e Interval de 90 segundos. Para cada una de las operaciones del sistema se ha definido un grupo de bloques las cuales se muestran a continuación en el gráfico 12.

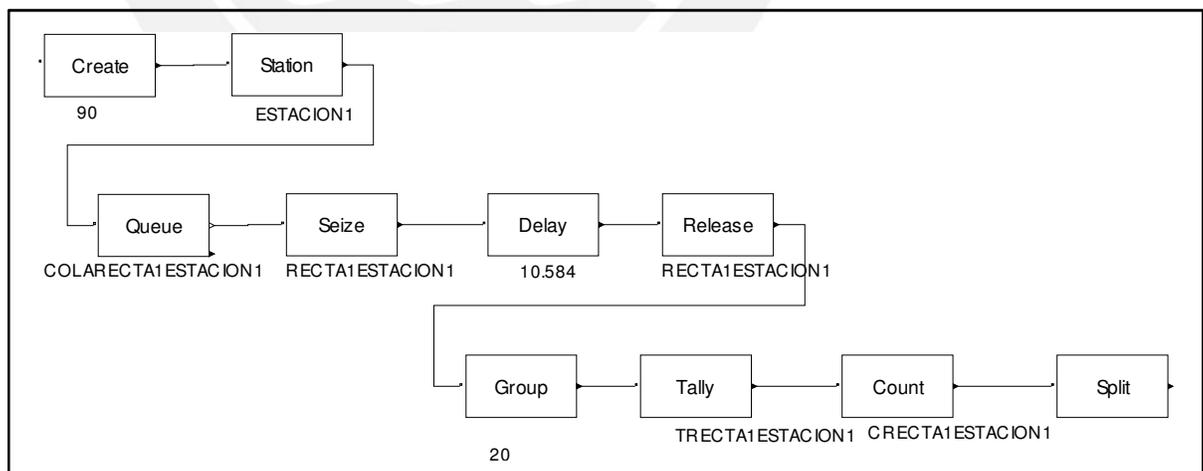


Gráfico 12 Bloques por operación

Elaboración propia

En el gráfico 12, tenemos, como ejemplo, la primera operación del modelo y se realiza en la estación 1. El sistema inicia con la creación de la entidad y el ingreso de la misma a la estación que corresponda, posteriormente la entidad pasa por el grupo de bloques que se repetirá para cada operación.

La entidad ingresa a la cola de la operación representada por el Block Queue, aquí espera en caso no se tengan recursos disponibles al cual pueda ser asignada. A continuación, se asigna un recurso a la entidad y se realiza la operación, los tiempos de cada Delay han sido definidos a partir de los tiempos estándar proporcionados por la empresa para cada una de las operaciones. Al finalizar, la operación libera el recurso y se le asigna una nueva entidad.

A la salida de cada operación se agrupan las entidades en cantidades de 20 para poder ser transferidos a la siguiente operación. En el block Group se ha definido el Save Criterion como First, esto nos permitirá transferir los atributos de la primera entidad del grupo a la nueva entidad que se forma luego del agrupamiento. Este valor nos permitirá posteriormente calcular el tiempo promedio por operación de cada grupo de 20 unidades. El block Tally registra el tiempo de llegada del grupo.

Luego, se ha colocado un contador que nos brindará la información de la cantidad de grupos de 20 unidades que se trabajaron en cada operación. Este dato nos ayudará a calcular el tiempo promedio por grupo.

Finalmente, se ha colocado un block Split, ya que, a pesar de que se transfieren los pantalones en bloques de 20, son trabajados individualmente en la siguiente operación. La posición del block Split cambia para las estaciones de ensamble y se verá posteriormente.

Por otro lado, las estaciones de ensamble son las número 3, 8, 10, 11, 13 y 15. Para ellas no se tiene un block Create al inicio, pues la llegada de entidades depende de las estaciones anteriores. Al inicio de los sub modelos de ensamble se ha definido otro grupo de bloques, el cual se muestra en el gráfico 13.

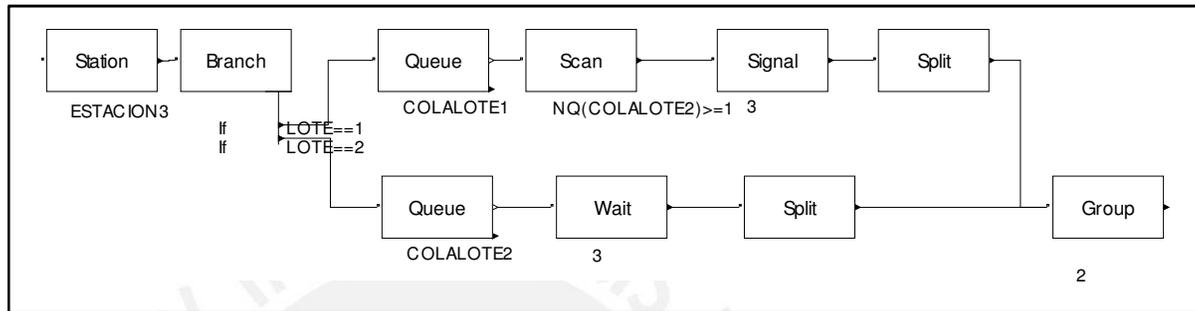


Gráfico 13 Bloques al inicio de estaciones de ensamble
Elaboración propia

Se ha tomado como ejemplo el ensamble que se realiza en el sub modelo 3. A este punto llegan las entidades de los sub modelos 1 y 2, a la salida de ellos se empleó el block Assign para darle valor al atributo Lote (Pieza) el cual nos indica la procedencia de la entidad. Al llegar estas entidades al sub modelo de ensamble se emplea el block Branch para identificar estas entidades y separarlas, luego las entidades ingresan a una cola.

El block Scan en la cola de las entidades de Pieza número 1 lee la cantidad de entidades en la cola de Pieza número 2. Se ha colocado una función condicional de modo que, al haber una Pieza número 2, ambas entidades son liberadas para proceder a romper el agrupamiento anterior de 20 unidades y ser ensambladas con el block Group. Se obtienen 20 nuevas entidades formadas por una unidad de para parte. En caso no esté presente alguna de las entidades, la otra espera a la llegada de la entidad faltante.

En el gráfico 14 se muestra un esquema de la lógica del proceso en la simulación, además se indican las estaciones que corresponden a sub modelos de inicio y sub modelos de ensamble.

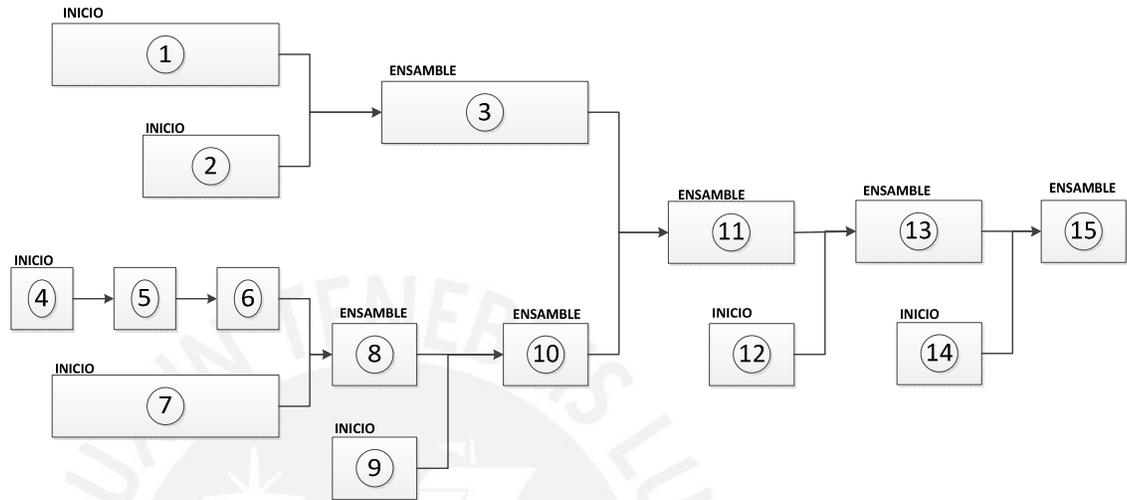


Gráfico 14 Sub modelos de inicio y ensamble

Elaboración propia

Con los dos grupos de bloques explicados, se crean los 15 sub modelos del sistema. A la salida de la estación 15 se ha colocado el contador “PantalonesProducidos” que nos indica la cantidad de unidades de producto terminado al final de la corrida.

Para el cálculo de las variables de tiempo promedio por operación que fueron definidas anteriormente, se ha colocado un block Create adicional (Gráfico 15) con tiempo de creación igual al último instante de la corrida del modelo. La entidad que se crea actualiza las variables en el block Assign para llegar luego al Dispose.

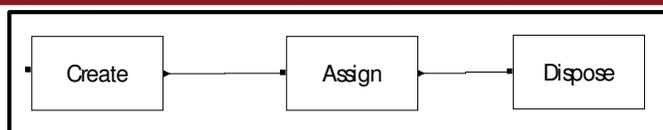


Gráfico 15 Actualización de Variables en Tiempo FIN

Elaboración propia

4.3.3 Resultados de la Simulación inicial

Se ha realizado la corrida del modelo por un tiempo de 799,200 segundos, lo cual equivale a los 13,320 minutos de trabajo por mes en horario regular que se calculó anteriormente. Para esta longitud de réplica se han obtenido los resultados esperados, los cuales se explican a continuación:

Producción mensual

Como resultado de producción mensual, empleando el balance de línea con número de puestos ajustado, nos arroja un total de 177.2 mil prendas de producto patrón. Se justifica el resultado obtenido dado que se ha realizado el balance de línea para un total de 165 mil prendas de producto patrón y se ha ajustado hacia arriba la cantidad de máquinas.

Utilización de recursos

Otro output muy importante del modelo es el porcentaje de utilización real de los recursos. Este indicador nos permite validar la lógica del modelo al ofrecernos la cantidad promedio de recursos ocupados aproximadamente igual, y en algunos casos exactamente igual, al valor de número de puesto de trabajo por operación calculado anteriormente y mostrado en el anexo 13

Tabla 26 Resumen de porcentaje de utilización de recursos. Máximos y mínimos

Operación	Estación	Puesto/Operación	Prom. Ocupado	Asignado	Utilización
22	9	REMALLADORAESTACION9	2	2	100.00%
2 y 3	1	OPERARIOESTACION1	7.999	8	99.99%
7	2	OPERARIOESTACION2	7.999	8	99.99%
36	14	OPERARIOESTACION14	2	2	99.99%
4	1	RECTA2ESTACION1	15.995	16	99.97%
12	4	REMALLADORAESTACION4	1.635	2	81.73%
29	12	RECTAESTACION12	2.4	3	80.00%
1	1	RECTA1ESTACION1	2.352	3	78.40%
35	14	PRESILLADORAESTACION14	1.427	2	71.33%
30	12	OPERARIOESTACION12	1.333	2	66.66%

Elaboración propia

En la tabla 26 se muestran los puestos con mayor y menor utilización luego de la simulación. A partir de la información de utilización real de los recursos y el número de puestos ajustado se determinarán posteriormente las operaciones más susceptibles de mejora con la finalidad de reducir el número de puestos de trabajo asignados.

Contadores

En la tabla 27 se muestra la cantidad de piezas trabajadas por cada una de las operaciones durante un periodo de un mes. Gracias al balance realizado, el rango de piezas trabajadas por todas las operaciones en dicho tiempo va de 177.2 a 177.6 mil pantalones. Es decir, se tiene una variación de 400 pantalones lo cual equivale al 0.25% de la producción mensual de productos en proceso (Anexo 14)

El rango, equivalente a 20 lotes de transferencia, se justifica en el hecho que hay 18 operaciones en la cadena principal (gráfico 9). Por lo que, al arrancar la producción, la última operación espera la llegada de la primera pieza lo cual ocurre a los 1659.8 segundos de acuerdo a los resultados del modelo.

Tabla 27 Resumen de piezas trabajadas por operación: Máximos y mínimos

Operación	Estación	Puesto/Operación	Número de lotes transferidos	Número de Piezas
1	1	RECTA1ESTACION1	8,880	177,600
6	2	PLANAESTACION2	8,880	177,600
12	4	REMALLADORAESTACION4	8,880	177,600
22	9	REMALLADORAESTACION9	8,880	177,600
29	12	RECTAESTACION12	8,880	177,600
31	13	PRETINADORAESTACION13	8,865	177,300
32	13	OPERARIOESTACION13	8,864	177,280
33	13	RECTAESTACION13	8,863	177,260
34	13	BASTERAESTACION13	8,862	177,240
37	15	ATRACADORAESTACION15	8,860	177,200

Elaboración propia

Tiempo promedio de producción por operación

A continuación se muestran los tiempos promedios de operación de un lote de 20 piezas por cada operación. Estos son los valores de las variables Tiempos promedios que se definieron en el modelo (Tabla 28). Además se verifica que lo deseado con el balance de línea inicial, el tiempo que demora cada operación en procesar 20 piezas es aproximadamente 90 segundos y las variaciones se encuentran en el orden de centésimas o milésimas de segundo, lo cual es despreciable (Anexo 15).

Tabla 28 Resumen de tiempo promedio de operación de lote

Operación	Estación	Puesto/Operación	Tiempo promedio de operación de lote (seg.)
37	15	ATRACADORAESTACION15	90.015
8 y 9	3	RECTAESTACION3	90.014
23	10	PLANAESTACION10	90.014
10	3	REMALLADORAESTACION3	90.012
31	13	PRETINADORAESTACION13	90.012
22	9	REMALLADORAESTACION9	90.000
29	12	RECTAESTACION12	90.000
35	14	PRESILLADORAESTACION14	90.000
18	7	RECUBRIDORAESTACION7,	89.999
6	2	PLANAESTACION2	89.905

Elaboración propia

Colas del proceso

En la tabla 29, se muestra la información de todas las colas que tenemos en el proceso. Consideramos que la cantidad promedio de unidades en la cola de cada operación es la adecuada y es consecuencia de la cantidad de recursos ajustados que fueron asignados y el tiempo de cada operación.

Lo importante de la información de las colas se encuentra en los tiempos de cola promedio en los ensambles. Se puede observar que el tiempo promedio incrementa a medida que el ensamble se encuentra más cerca del final del proceso. Esto se debe a que se ha asignado la creación de entidades en el tiempo cero para estas estaciones, así por ejemplo, la pieza de la estación 14 nace en el tiempo cero y espera durante 1519.2 segundos la llegada de la pieza de la estación 13 (Anexo 16)

Tabla 29 Resumen de información de colas del modelo

Operac.	Estación	Puesto/Operación	Núm. prom. en cola	Tiempo en cola	Tiempo mín	Tiempo máx
ENSAMBLE	12	PIEZA14	337.24	1519.2	1505.6	1519.2
ENSAMBLE	10	PIEZA12	248.1	1117.4	1103.8	1117.4
ENSAMBLE	6	PIEZA9	112.974	508.58	504.98	508.58
ENSAMBLE	2	PIEZA2	48.064	216.36	216.36	216.36
ENSAMBLE	4	PIEZA7	31.192	140.4	140.4	140.4
22	9	REMALLADORAESTACION9	9	40.499	0	81
36	14	OPERARIOESTACION14	9	40.498	0	81
ENSAMBLE	7	PIEZA3	8.9384	40.262	38.808	107.31
32	13	OPERARIOESTACION13	8.6	38.877	0	79.92
25	11	OPERARIOESTACION11	8.1	36.627	0	77.112
18	7	RECUBRIDORAESTACION7	6.4	28.71	0	57.42
27	11	RECTAESTACION11	6.2	27.993	0	59.994
16 y 17	7	PLANAESTACION7	6.1	27.371	0	63.372
19	8	RECTA1ESTACION8	6.1	27.358	0	57.6
30	12	OPERARIOESTACION12	6	26.999	0	54

Elaboración propia

4.4 Implementación de 5S's

Otra de las herramientas de la manufactura esbelta que consideramos útil y necesaria para atacar los desperdicios identificados anteriormente es la implementación de las 5S's. Dada la naturaleza del negocio, es común encontrar en el taller de confecciones materiales excedentes del proceso tales como retazos de tela, conos de hilo, tocuyo, entre otros, dispersos en el suelo, mesas de trabajo y en contacto con el producto en proceso. A la vez, las mesas de trabajo de los operarios se encuentran saturadas de producto por procesar, lo cual afecta en el desarrollo de las operaciones de cada puesto y como consecuencia aumenta los tiempos de producción. En el anexo 12 se muestran imágenes de la situación actual del taller antes de la implementación de la herramienta.

Empleando la metodología de Gardnier Nielsen Associates (2000), se ha determinado que el taller de confecciones cuenta con un 38% de implementación de la herramienta de 5S's (Anexo 17). Este resultado representa perfectamente la situación encontrada en el taller luego de las visitas realizadas.

Para la implementación de esta herramienta hemos identificado 6 etapas, las cuales se describen a continuación:

4.4.1 Planificación y organización del proyecto

Para la implementación exitosa de esta herramienta es necesario contar con el compromiso y convencimiento de toda la organización, partiendo desde la gerencia y asegurando la participación de todas las demás áreas de la empresa. La dirección del taller y de la empresa es la encargada de liderar el programa y debería estar firmemente convencida de la importancia del orden y la limpieza en el trabajo, a la vez es la responsable de proporcionar los recursos necesarios.

Planificación del programa 5S

En esta etapa se determinarán las áreas de la empresa que serán objeto de mejora, las etapas para la implementación del programa y duración, responsables y recursos necesarios para cada una de ellas.

- Área seleccionada para la aplicación de la herramienta:

El área seleccionada para iniciar el programa de 5 S's es el taller de confecciones en su totalidad, como segunda prioridad se extenderá a la áreas de Corte y Bordados.

- Miembros del equipo del proyecto de implementación:

El líder del proyecto será el Ingeniero de Producción a cargo del área de Confecciones apoyado de su equipo conformado por el Analista de Producción, Practicante de Producción y Jefe de Mantenimiento. El líder se encarga de organizar el proceso de implementación, capacitar a los demás miembros del equipo, asegurar la disponibilidad de recursos necesarios, entre otras tareas de dirección.

- Calendario de actividades:

El Diagrama de Gantt de la implementación será detallado en el inciso 5.1.

- Responsabilidades específicas de los participantes:

La participación activa en el puesto de trabajo estará a cargo de los operarios del taller de Confecciones. Entre las responsabilidades específicas se ha definido participar obligatoriamente durante todas las etapas de la implementación así como en las jornadas especiales de limpieza que se programen, asistir a todas las capacitaciones brindadas y colaborar con la continuidad de los resultados logrados.

- Capacitaciones:

Las capacitaciones se realizarán en etapas y de acuerdo al diagrama de Gantt definido, en una primera etapa al personal administrativo líder del proyecto y posteriormente al personal operador.

- Implementación de la herramienta en puesto piloto:

Se ha determinado realizar la prueba piloto en la estación 1, conformada por un conjunto de 32 máquinas a cargo del procesamiento de las partes posteriores. La prueba se realizará durante el punto número 4 del Gantt del proyecto en la última de las tres semanas previstas para este hito.

- Medir y evaluar el cumplimiento de los objetivos.

4.4.2 *Seiri*: Seleccionar y clasificar

El objetivo es retirar de los puestos todos los elementos que no se requieran para el trabajo del día a día. Los elementos necesarios se deben mantener cerca del operario, mientras que los innecesarios deben ser reubicados o eliminados.

El primer paso es definir categorías para catalogar cada elemento que se encuentre en el puesto de trabajo, de acuerdo a la siguiente distinción:

- Elementos descompuestos: Si es necesario y rentable deben ser reparados, de lo contrario deberán ser desechados.
- Elementos obsoletos o caducos: Se desecharán.
- Elementos peligrosos: Si son necesarios se reubicarán en un lugar seguro, de lo contrario se desecharán.
- Elementos sin uso: en caso de ser necesarios, deben ser almacenados o transferidos a otra área de trabajo, en caso contrario se desechan, donan o venden.

Encontramos gran cantidad de retazos de tela cortados sobre el piso y mesas de trabajo, así como excedentes de hilos generados al operar las máquinas. Estos excedentes son reutilizados por la empresa para la venta por lo que deben ser seleccionados y separados del producto terminado y en proceso. Por otro lado, el producto en proceso se encuentra separado por órdenes de trabajo y es reconocido visualmente por los operarios pero no se encuentra rotulado para su fácil identificación. También se cuenta en

el taller con maquinaria obsoleta y sin uso por necesitar reparación, o porque no se emplean en los modelos a trabajar en la semana.

4.4.3 *Seiton*: Organizar y ordenar

El objetivo de esta etapa es mantener los elementos de trabajo necesarios correctamente identificados, en forma ordenadas y en lugares de fácil acceso.

La organización y orden permitirán localizar los materiales y herramientas de forma rápida, además de mejorar la imagen del área y satisfacción de los mismo trabajadores. Como propuesta, se tomara lo descrito en la tabla 30 para establecer la ubicación de los objetos encontrados.

Relacionado al puesto de trabajo, no se encuentra un lugar determinado para la ubicación de los utensilios y herramientas empleados por los operarios tales como dedales, tijeras, reglas o stickers, por lo que frecuentemente se esconden debajo de las piezas que se trabajan en el puesto. También se encontramos sobre la mesa de trabajo accesorios personales o botellas de agua.

Tabla 30 Criterio de ubicación por frecuencia de uso

FRECUENCIA DE USO	CRITERIO DE UBICACIÓN
A cada momento	Colocararlo junto a la persona
Varias veces al día	Colocararlo cerca de la persona
Varias veces a la semana	Colocararlo cerca del área de trabajo
Algunas veces al mes	Colocararlo en áreas comunes
Algunas veces al año	Colocararlo en bodega o archivo
Posiblemente no se use	Colocararlo en archivo muerto

Fuente: Universidad Politécnica de Chiapas

Por otro lado, relacionado a la disposición actual del taller, el área destinada a los puestos de trabajo y pasillo no se encuentra completamente delimitada y no se respeta las ubicaciones, por lo que es común encontrar carritos y mesas obstruyendo el flujo de personas y materiales (Anexo 12).

4.4.4 *Seiso*: Limpieza

El objetivo de la etapa de limpieza es identificar, eliminar y minimizar las fuentes de suciedad del área de trabajo. Al mismo tiempo, durante esta etapa, se deben verificar los elementos de trabajo máquinas, accesorios, mesas de trabajo, entre otros, para identificar problemas o fallas reales o potenciales.

La suciedad, líquidos y otros elementos pueden generar fallas en las máquinas, equipos o instalaciones, así como accidentes, por lo que la limpieza también ayuda a aumentar el tiempo de vida de las máquinas del taller.

Se realizará una limpieza inicial en el taller con el involucramiento de todo el personal, operarios y líderes del proyecto, con el objetivo de generar motivación y compromiso con el programa. Las fuentes que generan suciedad en el taller se encuentran plenamente identificadas, entre ellas tenemos principalmente a los excesos de tela e hilos del proceso de producción, como se puede observar en el anexo 12, todo el piso del taller se encuentra contaminado con estos excedentes. Otros factores son los líquidos lubricantes empleados en las máquinas del taller, agua y bebidas consumidas por los operarios, polvo del ambiente y de las telas, papeles, entre otros.

Para las fuentes de suciedad se determinarán las causas raíz y de acuerdo a ello se establecerán alternativas para minimizar su ocurrencia e impacto en el proceso.

4.4.5 *Seiketsu*: Estandarización

En esta etapa de la implementación de la herramienta, la empresa debe garantizar mantener la motivación de sus operarios acerca de la implementación de la herramienta con el objetivo de hacer sostenible su

aplicación. En el taller de confecciones las tareas realizadas son intensivas en mano de obra, por tal motivo, es importante cuidar y mantener su salud y seguridad de los empleados a través de descansos y pausas activas, proporcionando buenas condiciones de iluminación, evitar ruido, buena ventilación, eliminar malos olores, mobiliario ergonómico, etc., lo cual se verá compensado al disminuir las ausencias por enfermedades, el agotamiento físico y los accidentes y un incremento de la productividad.

La estandarización consiste en conservar lo que ya se ha logrado en las etapas previas, diseñando sistemas y procedimientos que aseguren la continuidad de las tres primeras S's en el taller. El compromiso, respaldo e involucramiento de los líderes con el programa de implementación de 5S's es fundamental para asegurar el compromiso en los trabajadores y, con ello, la vigencia del programa.

4.4.6 Shitsuke: Disciplina

Esta es la etapa más difícil de alcanzar, implica establecer nuevos hábitos de orden y limpieza en la persona, en muchas ocasiones se lucha contra la resistencia al cambio de los trabajadores. Consiste en establecer y mantener un nuevo orden de vida en el trabajo, cumpliendo cotidianamente con las normas o estándares de trabajo.

Para lograr la disciplina en el taller de confecciones es necesario lograr un compromiso real y verdadero en los trabajadores para cambiar sus hábitos laborales y mantener una disciplina de orden y limpieza. Mortisa debe vigilar el cumplimiento de los procedimientos establecidos para las etapas anteriores, crear conciencia en el trabajador, reconocer el desempeño y retroalimentar y estimular a quienes aún no consiguen interiorizar el programa, informar continuamente acerca de los beneficios obtenidos con el programa, entre otras acciones.

4.4.7 Propuestas para la implementación

A continuación se muestra un cuadro resumen (Tabla 31) con las propuestas elaboradas para cada etapa de la implementación:

Tabla 31 Propuestas y beneficios de 5S's

Etapa	Propuesta	Beneficio
Seleccionar	Establecer un criterio documentado para la selección y categorización de todos los materiales, máquinas y herramientas encontrados en el taller: Excedentes (Tela e hilos), Descompuestos (Máquinas), Obsoletos (PT y en proceso), Peligrosos (Inflamables) y Sin uso (Máquinas), así como las acciones a realizar con los productos de cada tipo. Habilitar estantes para el almacenamiento exclusivo de herramientas y zonas para el almacenamiento de tela y producto en proceso debidamente rotulados. Llevar un control de todo lo seleccionado, cantidad, ubicación y posible valor de recupero de lo descartado.	Optimización de los espacios y mejora el ambiente del taller, posible valor de recupero de lo descartado, involucramiento del personal con el programa determinando lo útil y lo innecesario.
Ordenar	Determinar las herramientas necesarias en cada puesto de trabajo, colocar una bandeja desplegable debajo de las mesas de trabajo con las formas de las herramientas empleadas para su almacenamiento Colocar etiquetas con nombre a todas las herramientas y máquinas, colocar letreros en módulos. Delimitar los puestos de trabajo, pasillos, zonas de almacenamiento de productos en proceso y piezas de corte, rutas de evacuación, extintores, etc.	Optimizar el proceso de búsqueda, reducir tiempos muertos, mejorar el orden y ambiente del taller, reducir el riesgo de contaminación del producto. Ahorro en tiempos y movimientos, control de pérdida o robo de alguna herramienta, brinda satisfacción a los trabajadores del área.
Limpieza	Rastrear las fuentes de suciedad del taller como derrames de líquidos y aceite, excedentes de corte e hilos, etc. Se debe eliminar de inmediato la fuente de suciedad encontrada. Colocar bolsas en los puestos de trabajo que generen excedentes para el recojo inmediato de los mismos. Establecer un programa de limpieza en el taller: la frecuencia de limpieza inicialmente será de todos los días al finalizar la jornada. Crear un manual de limpieza y establecer responsables del proceso por módulo. Crear un programa de mantenimiento preventivo de máquinas para evitar el derrame de lubricantes.	Mejorar el ambiente del taller, genera bienestar en los trabajadores, reduce los accidentes laborales y enfermedades, aumenta el tiempo de vida y desempeño de las máquinas y equipos, generar compromiso en el personal.

Estandarización	Generar bienestar en el trabajador, asegurar las óptimas condiciones en el taller, mejorar la iluminación, reducir los ruidos, proporcionar mascarillas contra el polvo, asegurar la higiene de comedores, baños, etc, ergonomía. Para mantener lo logrado en el programa se debe implementar un manual de limpieza, programas de mantenimiento, procedimientos, revisión periódica de cumplimiento de objetivos, comunicar visualmente el progreso del programa	Generar bienestar y motivación en el trabajador, establecer procedimientos únicos orientados al objetivo del programa 5 S's.
Disciplina	Revisar sistemáticamente el cumplimiento de los programas de mantenimiento y limpieza establecidos, definir responsables de cada proceso por cada módulo del taller, crear conciencia en los operarios, reconocer a quienes muestren buen desempeño y retroalimentar a los de menor desempeño, establecer paneles visuales que orienten a mantener el orden y la limpieza.	Generar bienestar y motivación en el trabajador, crear conciencia acerca de los resultados logrados con la aplicación de la herramienta. Garantizar el mantenimiento y continuidad del programa.

Elaboración propia

4.5 Implementación de otras herramientas de mejora

A partir de la información obtenida luego del balance ajustado, podemos identificar estaciones o puestos de trabajo susceptibles de mejora en base a la utilización de sus recursos como principal criterio. Esto debido a que, como medida inicial, se ajustó hacia arriba la cantidad de puestos de trabajo por operación; sin embargo, no necesariamente resulta ser la solución más eficiente.

4.5.1 Estudio de movimientos

Identificación de estaciones potenciales a mejorar a partir del exceso de ajuste

Como principal información de partida para la identificación de estaciones a mejorar emplearemos la utilización real de los recursos luego de la simulación de un mes de producción, esta información se encuentra en la tabla 26.

Para fines del estudio, consideramos como estaciones objetivo a mejorar a las cuales se tenga un exceso de ajuste del 70% o superior, es decir, cuya cantidad de puestos de trabajo real no exceda en un 30% al máximo entero de dicho número. A partir de esta premisa se han identificado las estaciones de trabajo en las que se enfocará la mejora, éstas se muestran a continuación en la tabla 32.

Tabla 32 Operaciones a optimizar en base a exceso de ajuste

Operac.	Estac.	Puesto/Operación	Prom. Ocupado	Asignado	Utilización	Exceso de ajuste
16 y 17	7	PLANAESTACION7	7.041	8	88.02%	95.87%
27	11	RECTAESTACION11	11.096	12	92.47%	90.40%
8 y 9	3	RECTAESTACION3	25.220	26	97.00%	78.00%
33	13	RECTAESTACION13	7.240	8	90.50%	76.00%
18	7	RECUBRIDORAESTACION7	4.253	5	85.06%	74.72%

Elaboración propia

Estudio de movimientos en puestos de trabajo a mejorar

Luego de identificar los puestos de trabajo potenciales para reducir la cantidad de recursos sub utilizados, se hará un estudio directo de cada una de las operaciones mediante diagramas bimanuales (anexos 18 a 29).

Este diagrama permitirá optimizar los movimientos que los operarios vienen realizando, así como también permitirá hacer una propuesta de mejora en base a la distribución que deberían tener los recursos y utensilios en cada puesto de trabajo. A continuación se presentará un cuadro resumen con los tiempos de operación actuales y los tiempos de operación propuestos:

Tabla 33 Reducción porcentual entre tiempo actual y tiempo propuesto

Operación	Descripción	Tiempo actual (Seg)	Tiempo propuesto (Seg)	Reducción %
16	Bastillado de secreta	14	10	29%
17	Pegado de secreta a vista	18	14	22%
18	Recubierto vista a tocuyo	19	14	27%
8 y 9	Pegado y respuntado de bolsillos	114	95	16%
27	Respuntado de costado	50	42	17%
33	Remate de cachito	33	26	19%

Elaboración propia

4.6 Balance de línea mejorado

Gracias a la aplicación de las diversas herramientas enfocadas en operaciones específicas, se ha logrado identificar secuencias de pasos que no agregan valor en dichas operaciones reduciendo el tiempo estándar. A pesar de haber logrado la reducción necesaria para ajustar hacia abajo la cantidad de puestos de trabajo, es relevante considerar que la estandarización de estos métodos requiere un tiempo importante, más aún cuando las operaciones no son realizadas por un único grupo de operarios, sino que se tiene trabajadores polifuncionales. Por tal motivo, realizaremos el balance mejorado considerando el tiempo estándar máximo necesario que nos permita obtener el ajuste de puestos de trabajo igual al número entero inmediato inferior (tabla 34).

Tabla 34 Tiempos estándar y número de puestos mejorados

Operación	Estación	Puesto/Operación	T. Estándar (seg.)	Nº puestos
8 y 9	3	RECTAESTACION3	112.5	25
16 y 17	7	PLANAESTACION7	31.5	7
18	7	RECUBRIDORAESTACION7	18	4
27	11	RECTAESTACION11	49.5	11
33	13	RECTAESTACION13	31.5	7

Elaboración propia

Finalmente, se muestra en la tabla 35 el resumen del número de máquinas por tipo y operarios necesarios para la operación del taller de confecciones de Mortisa con el nuevo balance de línea propuesto.

Tabla 35 Resumen de número de máquinas por tipo y operarios necesarios

Tipo de recurso	Cantidad
ATRACADORA	15
BASTERA	8
CERRADORA	5
OPERARIO	33
PLANA	45
PRESILLADORA	2
PRETINADORA	8
RECTA	83
RECUBRIDORA	4
REMALLADORA	29
Total general	232

Elaboración propia

4.7 Simulación de Balance de línea mejorado

Luego de haber realizado la mejora con los tiempos estándar en las operaciones anteriormente indicadas, se realizó una nueva corrida del modelo considerando las nuevas capacidades de recursos y los nuevos tiempos de operación. Se observa mejoras en la utilización de los recursos analizados.

4.7.1 Producción mensual

Como era de esperarse, la producción mensual con el nuevo balance de línea se mantiene constante. Esto debido a que la mejora está orientada al uso eficiente de los recursos optimizando la cantidad de puestos de trabajo por operación y no a aumentar la capacidad productiva del taller. Actualmente se producen 177.2 mil pantalones de acuerdo al ritmo de la última operación, al igual que con el balance de línea inicial.

4.7.2 Utilización de recursos

Luego de la nueva corrida considerando los nuevos parámetros, se observa un incremento significativo en la utilización de los puestos de trabajo de las operaciones que fueron evaluadas. Para todos ellos se ha logrado porcentajes de utilización superiores al 99%, siendo el incremento más importante el logrado en la operación 18 pasando de 85.06% a 99.99%. El nuevo porcentaje de utilización de estos puestos de trabajo se muestra en la tabla 36.

Tabla 36 Porcentaje de utilización de recursos con nuevo balance

Operación	Estación	Puesto/Operación	Prom. Ocupado	Asignado	Utilización Final	Variación
8 y 9	3	RECTAESTACION3	24.985	25	99.94%	2.94%
16 y 17	7	PLANAESTACION7	7.000	7	100.00%	11.98%
18	7	RECUBRIDORAESTACION7	3.999	4	99.99%	14.93%
23	10	PLANAESTACION10	15.987	16	99.92%	1.96%
26	11	REMALLADORA1ESTACION11	7.991	8	99.88%	6.44%
27	11	RECTAESTACION11	10.985	11	99.87%	7.40%
33	13	RECTAESTACION13	6.987	7	99.81%	9.31%
37	15	ATRACADORAESTACION15	13.969	14	99.78%	2.57%

Elaboración propia

4.7.3 Contadores

Luego de la simulación con los nuevos parámetros, se observa que se mantiene la cantidad de piezas procesadas por operación durante el mes. Solo se observa una pequeña variación (tabla 37) de 20 piezas o de 1 lote de transferencia en las operaciones 18 y 28; sin embargo, esta variación no resulta relevante comparada con la producción mensual, sobre todo, porque el nivel de producción mensual no varía y se mantiene en 177.2 mil unidades de producto patrón.

Tabla 37 Piezas trabajadas por operación con nuevo balance

Operación	Estación	Puesto/Operación	Número de Piezas	Número de Piezas	Variación
18	7	RECUBRIDORAESTACION7	177,580	177,560	-20
28	11	REMALLADORA2ESTACION11	177,340	177,320	-20

Elaboración propia

4.8 Diseño del nuevo *layout* del taller

El rediseño de la distribución de los puestos de trabajo en el taller es la tercera medida propuesta que nos ayudará a lograr los objetivos planteados. Se tomará como información base la cantidad de puestos de trabajo necesarios por cada operación según el balance de línea mejorado.

4.8.1 Cálculos de necesidades de espacios

Una de las principales restricciones que presenta el taller de confecciones es el área total del taller asignada a la producción, la cual asciende a 690 metros cuadrados según se indicó en el Capítulo 2. Dadas las condiciones actuales de la empresa, se desestima las posibilidades de optar por una ampliación de planta o implementar una planta nueva, por lo que es importante asegurar que se dispone del espacio suficiente en la actualidad para lograr implementar la mejora propuesta.

El cálculo de necesidades se realizará empleando el Método de Guerchett, según el cual la necesidad total de espacios se descompone en tres tipos: Superficie Estática, Gravitacional y Evolutiva. Para el cálculo del área necesaria se han definido la cantidad y dimensiones de maquinaria estática y móvil como información base de la metodología. Por otro lado, es importante mencionar que el coeficiente de Superficie Evolutiva (k) obtenido para cada estación se encuentra entre los valores de 0.5 y 1, lo cual guarda relación con lo indicado por el Centro Europeo de Empresas Innovadoras de Valencia (2008) para las empresa del rubro textil. En la tabla 38 se muestra el resumen del análisis de requerimiento de espacios por estación para el taller (Anexo 30)

Tabla 38 Resumen de requerimiento de espacios por estación

Estación	Área requerida (m2)
ESTACIÓN 1	81.57
ESTACIÓN 2	12.15
ESTACIÓN 3	127.51
ESTACIÓN 4	16.33
ESTACIÓN 5	14.02
ESTACIÓN 6	7.36
ESTACIÓN 7	34.77
ESTACIÓN 8	73.11
ESTACIÓN 9	7.36
ESTACIÓN 10	51.64
ESTACIÓN 11	100.98
ESTACIÓN 12	10.51
ESTACIÓN 13	73.63
ESTACIÓN 14	4.39
ESTACIÓN 15	70.76
Superficie Total	686.10

Elaboración propia

Según los resultados obtenidos, las necesidades de espacio del taller ascienden a 686 metros cuadrados. Este espacio es suficiente para adecuar los puestos de trabajo calculados, ya que, el taller dispone actualmente de 690 metros cuadrados.

4.8.2 Layout de bloques actual y propuesto

En el gráfico 16 se presenta la distribución de planta de bloques en base a la situación actual de la empresa, se ha tomado como base la información mostrada en el anexo 2. Posteriormente, en el gráfico 17, se presenta la propuesta considerando cada estación como un bloque independiente, respetando el área total calculada en el punto anterior. Es necesario tener en cuenta que, debido al proceso de producción del pantalón y al balance de línea propuesto en el que se minimizan los inventarios en proceso, todas las relaciones existentes entre cada par de estaciones por las que circula la prenda consecutivamente son consideradas A: Absolutamente necesarias (Distribución en Planta, 2009).

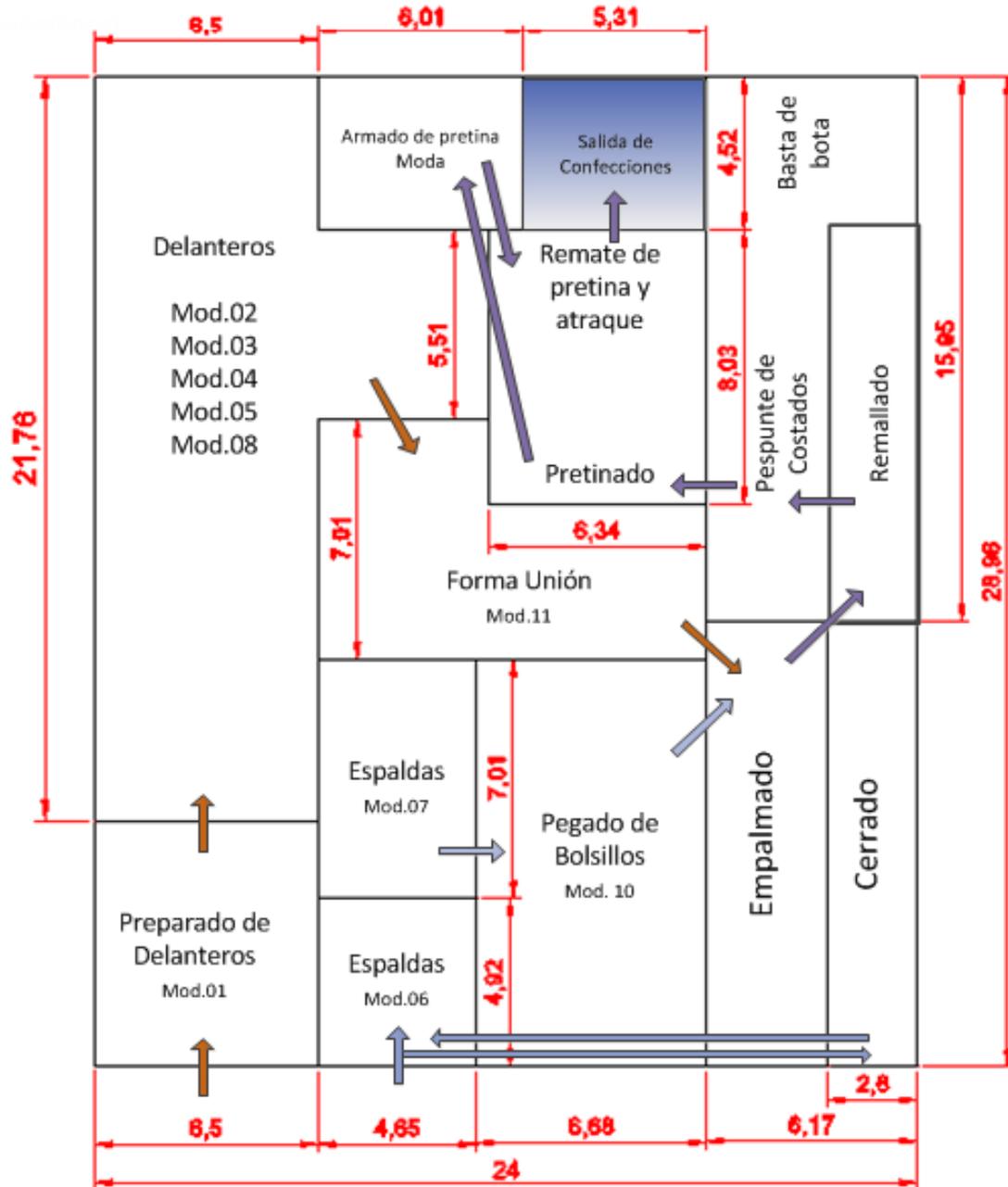


Gráfico 16 Layout de bloques actual

Elaboración propia

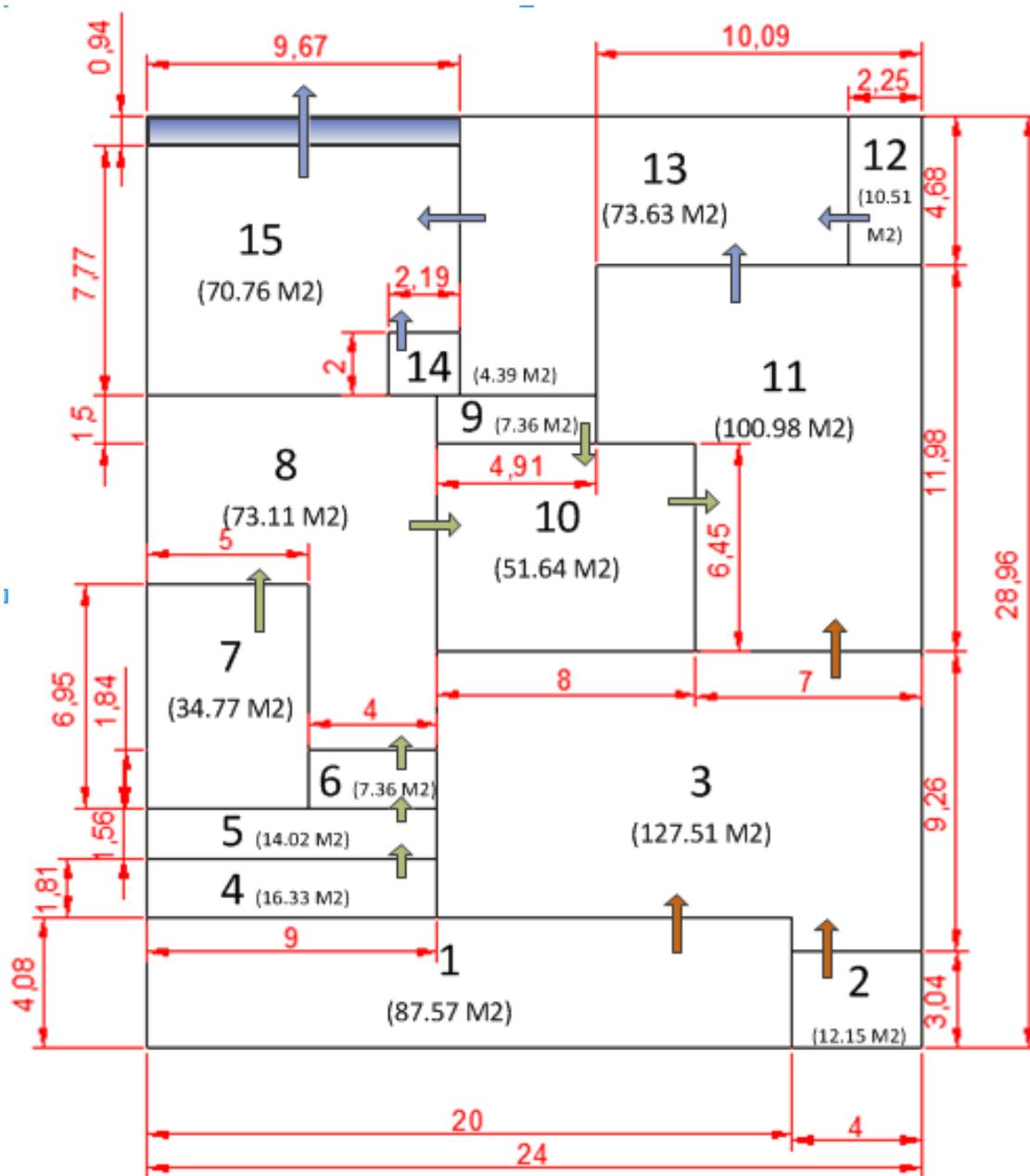


Gráfico 17 Layout de bloques propuesto

Elaboración propia

4.9 Resultados de propuesta

Habiendo desarrollado las propuestas de mejora al taller de confecciones, a continuación se presenta un cuadro resumen y comparativo que nos permitirá observar los principales resultados obtenidos:

Tabla 39 Resultados de la propuesta

Con proceso actual	Con proceso propuesto
Cantidad de operarios: 217	Cantidad de operarios: 232
Cantidad de máquinas: 205	Cantidad de máquinas: 199
Salarios anuales de operarios: 194 mil soles	Salarios anuales de operarios: 207 mil soles
Capacidad de producción: 138.4 mil unidades	Capacidad de producción: 165 mil unidades
Productividad Laboral: s/. 1.40 por unidad	Productividad Laboral: s/. 1.25 por unidad
Pago de horas extras: Sí (Para producir 165 mil)	Pago de horas extras: No

Elaboración propia

Observamos que existe un incremento en las necesidades de mano de obra para lograr el nivel de producción deseado, lo cual significa una mayor inversión para la empresa respecto a remuneraciones. Sin embargo, esto es cubierto ampliamente por el beneficio logrado eliminando las horas extras e incrementando el nivel de producción. Por otro lado, el indicador de productividad laboral se reduce a S/. 1.25 por pantalón, lo cual nos indica que hemos mejorado en eficiencia productiva. Este valor se obtiene proyectando las remuneraciones anuales de los 217 operarios versus la producción de 165 mil pantalones mensuales.

Estos resultados serán un input de la evaluación económica desarrollada en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

5.1 Diagrama de Gantt de la implementación

A partir de los puntos anteriores, en el gráfico 18 se muestra el detalle de las actividades necesarias para la implementación de las mejoras en la planta. A su vez, se indicará el tiempo que tomará realizar cada una de estas actividades.

No	Cronograma de actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7			
		S1	S2	S3	S4																								
1	Capacitar al personal administrativo	■	■	■	■	■																							
2	Diagnóstico de elementos innecesarios por puesto de trabajo						■	■																					
3	Capacitar a los operarios sobre la estrategia								■																				
4	Identificar los elementos innecesarios y áreas críticas (primera verificación)									■	■	■	■																
5	Jornada de eliminación y reubicación													■	■														
6	Inspección y verificación de cumplimiento de 1 S													■	■														
7	Inspección y verificación de cumplimiento de 2 S															■	■												
8	Jornada de limpieza y aseo																■												
9	Inspección y verificación de cumplimiento de 3 S																	■	■										
10	Formulación de estándares por puestos de trabajo (individual)																			■	■	■							
11	Inspección y verificación de cumplimiento de 4 S																					■	■						
12	Inspección y verificación de cumplimiento de 5 S																									■			
13	Evaluación y formulación de nuevas estrategias																												■

Gráfico 18 Cronograma de actividades de Gantt

Elaboración propia

5.2 Costo de implementación

El costo de implementación es el costo total de la inversión por la adquisición de nueva maquinaria necesaria para que el proceso sea el óptimo incluyendo la del personal que se contratará y el costo de la implementación de las 5 S's.

5.2.1 Costo horario de personal administrativo y operarios

En promedio, un operario mensualmente trabaja 13,320 minutos mensuales (222 horas) con lo cual recibe un salario promedio de S/. 1,500. Si es que trabaja horas extras el pago de estas horas es el 150% del pago de la hora trabajada en tiempo normal. Con estas premisas se hará un cuadro resumen donde podamos obtener el costo H-H normal y extra de los operarios:

Salario	S/. 1,500
Horas / mes	222
Costo H-H	S/. 6.80
Costo H-H extra	S/. 10.20

Del mismo modo, se realizará un cuadro para obtener el costo H-H del personal administrativo, en costo promedio:

Salario	S/. 2,500
Horas / mes	222
Costo H-H	S/. 11.30
Costo H-H extra	S/. 16.90

5.2.2 Costos de implementación de 5 S's

En los costos de implementación para las 5 S's se debe involucrar a todo el personal del área, pues se necesita que esta filosofía sea asumida por todos durante las capacitaciones que adquieran.

Adicionalmente al pago de las horas del personal en las capacitaciones, se debe considerar el pago de especialistas que dirijan las mismas, personal que haga cumplir lo que se haya acordado. Por otro lado, es importante el pago de folletería, material didáctico el cual permita identificar y recordar la filosofía de las 5 S's.

Las actividades que serán tomadas en cuenta, objetivamente, serán las definidas a partir del diagrama de Gantt para la implementación del capítulo anterior:

1. Capacitar al personal administrativo
2. Diagnóstico de elementos innecesarios por puesto de trabajo
3. Capacitar a los operarios y personal administrativo que no haya recibido la capacitación en 8 grupos de 30 personas en 1 jornada para cada grupo de 2 horas cada una.
4. Identificar los elementos innecesarios y áreas críticas (primera verificación)
5. Jornada de eliminación y reubicación
6. Inspección y verificación de cumplimiento de 1`S
7. Inspección y verificación de cumplimiento de 2`S
8. Jornada de limpieza y aseo realizada por 15 operarios
9. Inspección y verificación de cumplimiento de 3`S
10. Formulación de estándares por puestos de trabajo (individual)
11. Inspección y verificación de cumplimiento de 4`S
12. Inspección y verificación de cumplimiento de 5`S
13. Evaluación y formulación de nuevas estrategias

Cada una de estas tiene un tiempo de trabajo y también un costo de inversión (Anexo 31). En este caso, el costo de inversión total es de S/. 39,841.40. El resumen de actividades y el costo asociado se muestra a continuación en la tabla 40.

Tabla 40 Actividades y costos de implementación de 5S's

N°	Cronograma de actividades	N° Personas	Inversión
1	Capacitación al personal administrativo	3	S/. 3,000
2	Diagnóstico de elementos innecesarios por puesto de trabajo	2	S/. 2,500
3	Capacitación a los operarios sobre la estrategia	32	S/. 3,626
4	Identificación de elementos innecesarios y áreas críticas (primera verificación)	2	S/. 2,500
5	Jornada de eliminación y reubicación	22	S/. 3,805
6	Inspección y verificación de cumplimiento de 1'S	2	S/. 2,500
7	Inspección y verificación de cumplimiento de 2'S	2	S/. 2,500
8	Jornada de limpieza y aseo	17	S/. 6,911
9	Inspección y verificación de cumplimiento de 3'S	2	S/. 2,500
10	Formulación de estándares por puesto de trabajo (individual)	2	S/. 3,750
11	Inspección y verificación de cumplimiento de 4'S	2	S/. 2,500
12	Inspección y verificación de cumplimiento de 5'S	2	S/. 2,500
13	Evaluación y formulación de nuevas estrategias	2	S/. 1,250
			S/. 39,841

Elaboración propia

Esta implementación tendrá una duración de 7 semanas y será el costo previo. Además este costo de implementación también incluye el pago por la reubicación de los módulos y maquinaria en el nuevo layout que tendrá el área luego del balance trabajado.

5.2.3 Costo por dejar de producir

Si bien es cierto que se invierte tiempo en capacitaciones, el personal deja de producir; es decir, se genera una disminución en los ingresos de la empresa. Básicamente los operarios dejarán sus labores cuando sean capacitados y también cuando un grupo de ellos participe en la limpieza y aseo del área. En total, obtenemos un costo de S/. 360.9 mil durante la implementación por dejar de producir, el cual se justifica de la siguiente manera:

Capacitación de operarios	
Costo por dejar de producir	S/. 132,001.49
Producción x hora (UU)	622
Total de operarios	217
Margen unitario promedio por pantalón	S/. 96.00
Horas que dejan de trabajar	480

Jornada de eliminación y reubicación	
Costo por dejar de producir	S/. 228,940.09
Producción x hora (UU)	622
Total de operarios	217
Margen unitario promedio por pantalón	S/. 96.00
Horas que dejan de trabajar	832.5

Costo por dejar de producir TOTAL	S/. 360,941.59
-----------------------------------	----------------

5.2.4 Costo por maquinaria nueva

El costo de cada máquina en promedio es de \$ 5,300. En el estudio haciendo la diferencia entre lo que la empresa posee en el área y lo que se debe tener para producir óptimamente se deben comprar entre remalladoras, planas, pretinadoras y basteras un total de 26. Lo que nos da una inversión aproximada de \$ 138 mil o S/. 386.4 mil.

5.2.5 Gasto de folletería, impresiones y material necesario para la implementación

En la capacitación interna que recibirán los operarios se debe brindar hojas resumidas con la estrategia que se va a realizar para que todos estén informados de lo que se busca. Además debe imprimirse adhesivos para ser usados en todo el área, así como también pagar por baldes de pintura para hacer los trazados internos y señalizaciones pertinentes. El costo total estimado es de S/. 30 mil.

En total tenemos un costo de inversión de S/. 1,227 mil con un periodo de 7 meses de implementación, esto podemos observar en la tabla 41.

Tabla 41 Inversión total por mes

	(S/.)											
	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14
Pago operarios contratado	-	-	-	-	-	-	-	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
Costo de maquinaria	386,400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo de implementación	3,000	2,500	6,126	6,305	13,798	3,750	6,250	-	-	-	-	-
Costo por dejar de producir	-	-	132,001	-	228,940	-	-	-	-	-	-	-
Costo de folletería	-	-	30,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos totales (S/.)	389,400	2,500	168,127	6,305	242,738	3,750	6,250	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000

	(S/.)											
	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15
Pago operarios contratado	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
Costo de maquinaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo de implementación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo por dejar de producir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo de folletería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos totales (S/.)	24,000											

Elaboración propia

5.3 Ahorros producidos

Todos los ahorros producidos serán calculados en base a la diferencia entre la demanda proyectada (anexos 32 y 33) y la capacidad de planta inicial. Este ahorro será costado por el cálculo de la hora extra pagada a cada operario. Estos ahorros están presentes después de haberse concluido con los 7 meses de implementación. Se muestra en la tabla 42.

Tabla 42 Ahorros mensuales en horas extras

	(S/.)											
	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14
Pronósticos	167,333	185,358	161,976	145,929	133,382	148,591	186,226	205,900	179,601	161,526	147,388	163,926
Pronóstico ajustado	165,000	165,000	161,976	145,929	133,382	148,591	165,000	165,000	165,000	161,526	147,388	163,926
Capacidad de planta inicial								138,000	138,000	138,000	138,000	138,000
Cantidad H-H extra								43	43	38	15	42
Ahorro por H-H extra (S/.)								96,139	96,139	83,769	33,428	92,314

	(S/.)											
	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14
Pronósticos	41,913	41,944	41,974	42,005	42,036	42,064	42,095	42,125	42,156	42,186	42,217	42,248
Pronóstico ajustado	205,120	226,442	197,226	177,122	161,394	179,260	224,013	246,984	214,852	192,718	175,399	194,595
Capacidad de planta inicial	165,000	165,000	165,000	165,000	161,394	165,000	165,000	165,000	165,000	165,000	165,000	165,000
Cantidad H-H extra	138,000	138,000	138,000	138,000	138,000	138,000	138,000	138,000	138,000	138,000	138,000	138,000
Cantidad H-H extra	43	43	43	43	38	43	43	43	43	43	43	43
Ahorro por H-H extra (S/.)	96,139	96,139	96,139	96,139	83,299	96,139						

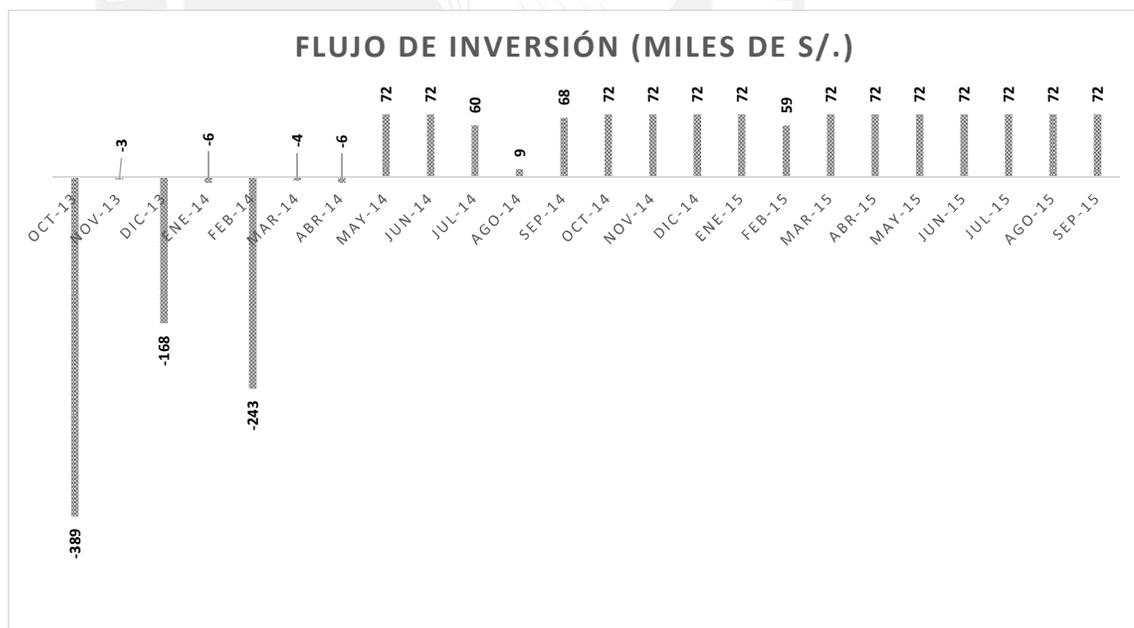
Elaboración propia

5.4 Análisis económico

A continuación se realiza la evaluación de viabilidad de las propuestas de mejora, analizando los ratios Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio Costo (R B/C).

5.4.1 Tasa Interna de Retorno

Para conocer si la inversión y costos asociados a las mejoras se justifican, se hallará el valor de la Tasa Interna de Retorno (TIR) a partir de los gastos de implementación, contratación de nuevos operarios, costo por dejar de producir (por capacitaciones) y compra de maquinaria nueva, y los ahorros producidos por la optimización realizada que permite dejar de pagar horas extras en el taller. Estos cálculos ya han sido calculados independientemente cada uno en los incisos 5.1. y 5.2, y serán resumidos en un flujo de ingresos menos egresos durante todo el periodo establecido.



El cálculo de la TIR anual nos da un resultado final de 34%, siendo mayor al 20% que es el costo de oportunidad del capital (COK). Este número verifica que es factible hacer esta mejora, pues económicamente se justifica para

invertir y tener mejores resultados en los dos años que se han establecido para el proyecto.

5.4.2 Relación Beneficio Costo

El segundo ratio que emplearemos se obtiene a partir de la comparación del Valor Actual de los beneficios logrados versus los costos asociados al proyecto. Para ello se trabajó en base a los costos y ahorros proyectados calculados en los incisos 5.1 y 5.2. Adicionalmente, la Tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR) empleada es igual al 20% anual equivalente al costo de oportunidad de la empresa.

	Valor Presente (miles S/.)
Costo Total	S/. 1,124.34
Beneficio Total	S/. 1,226.92

Relación Beneficio / Costo	1.1
-----------------------------------	------------

El ratio Beneficio/Costo > 1 indica que los beneficios son mayores que los costos asociados, lo cual valida los resultados obtenidos analizando la TIR. Podemos concluir que se acepta el proyecto de mejora y la implementación es viable.

5.5 Incremento de la productividad de la planta

A partir de la implementación de las diversas herramientas detalladas en el capítulo anterior, hemos logrado obtener diversos beneficios cuantificables y no cuantificables, estos últimos relacionados con el bienestar del trabajador con respecto a la empresa lo cual influye directamente en su desempeño. Dentro de los beneficios cuantificables encontramos a la reducción del tiempo de operación que sería necesario para mantener la producción actual del taller de confecciones o, visto desde otra perspectiva, el incremento en la capacidad productiva de la planta en un determinado período de tiempo.

El cálculo de la capacidad productiva será realizado tomando como unidad de tiempo a un mes de producción, lo cual equivale a 13,320 minutos efectivos según lo calculado anteriormente. El nivel de producción logrado con las mejoras implementadas nos permite un nivel de producción de 177.2 mil prendas teóricamente en el mejor de los escenarios; sin embargo, debido que este balance se realizó empleando un ajuste del tiempo pitch objetivo, el nivel de producción mensual a emplear será el que iguale al siguiente cuello de botella de la empresa. El nivel de producción de la empresa, luego de la implementación integral de las mejoras, será de 165 mil prendas patrón al igual que el área de Lavandería, dentro del horario regular de trabajo del taller.

A continuación se muestra en la tabla 43 el incremento de producción logrado en unidades patrón y en unidades monetarias, para el cálculo del ingreso valorizado se toma como ingreso unitario al margen por prenda igual a S/. 96.00.

Tabla 43 Incremento de producción

	Producción mensual actual (en miles)	Producción mensual mejorada (en miles)	Incremento de producción (en miles)
Prendas patrón	138	165	27
Valorizado	S/. 13,248	S/. 15,840	S/. 2,592

Elaboración propia

Es importante tener en cuenta que el nivel de producción indicado será logrado luego de la implementación integral de las mejoras, durante los primeros meses será posible tener una mejora progresiva a medida que se implementen las herramientas y los operarios interioricen la filosofía de manufactura esbelta y los métodos de trabajo propuestos.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Realizando una evaluación cuantitativa entre la situación actual del taller de confecciones versus la situación futura propuesta, podemos concluir que, a partir de la implementación de mejoras y herramientas descritas anteriormente, logramos incrementar significativamente la capacidad productiva del taller de confecciones en un 19.6% en horario regular de trabajo.

La capacidad productiva del área al orden de las 165 mil prendas de producto patrón por mes, igualando al siguiente cuello de botella identificado en la empresa y balanceando la capacidad de la empresa. Es importante mencionar que las mejoras planteadas nos ayudarán a lograr un nivel de producción máximo de 177 mil prendas por mes; sin embargo, al momento no resulta conveniente emplear esta capacidad ya que el nivel de producción no puede ser atendido por el área de lavandería en su totalidad.

El estudio realizado en el taller de Confecciones es aplicable a las demás áreas y talleres de la empresa. Las áreas de Lavandería y Acabados representan el 36% y 40% de acuerdo a los gráficos de Pareto de horas extras y remuneraciones anuales respectivamente, por lo cual se infiere que extender el estudio a estas áreas permitirá obtener una mejora significativa en eficiencias y capacidad productiva para Mortisa.

Proponemos un cambio integral en la cultura organizacional de la empresa. A medida que los operarios y empleados de la empresa interioricen la filosofía de las 5S y se ocupen proactivamente de la minimización de desperdicios, será más fácil y factible la continuidad y mantenimiento de los programas implementados.

A pesar de contar con un nivel de implementación de 38% en 5 S's, observamos amplia predisposición de los operarios por mejorar los métodos y la distribución de cada puesto de trabajo, por lo que podemos concluir que no se encontrará resistencia significativa al cambio que representa la implementación de las herramientas mencionadas. La difusión del programa, el apoyo de la gerencia y mandos administrativos, así como el apoyo de los operarios líderes será fundamental para la viabilidad de la implementación de las mejoras.

El estudio de movimientos empleando diagramas bimanuales en las operaciones identificadas como críticas por el sobre ajuste de personal, permitió la correcta representación de las tareas a detalle con lo que se identificó actividades innecesarias susceptibles de mejora. En el mejor de los casos esta herramienta nos permite reducir en un 6.5% aproximadamente el tiempo de la operación 18 en la máquina recubridora. Con esta mejora reducimos de 19.4 a 18 segundos por prenda.

El balance de línea planteado se realizó con un tiempo takt inferior al real en un 7%, se empleó 4.5 segundos por prenda y no el tiempo real calculado en 4.84 segundos. Este ajuste nos permite mantener cierta holgura al realizar el balance en la situación propuesta, lo que reduce el riesgo del área de seguir siendo el cuello de botella de la empresa. Por otro lado, este balance nos permite un incremento en capacidad del 19.6% de prendas con sólo el 6.9% adicional de puestos de trabajo, lo cual es un claro indicador de la mejora en la eficiencia de cada puesto.

Considerando un tiempo de vida del proyecto de dos años, obtenemos una Tasa interna de retorno estimada del 34% anual y Relación Beneficio Costo de 1.1. Estos resultados, evaluados contra con la mejor alternativa de inversión de la empresa, para la cual estimamos un porcentaje de retorno del 20%, afirma la viabilidad de la implementación.

6.2 Recomendaciones

Como principal recomendación para asegurar la continuidad en el tiempo de las mejoras implementadas, consideramos que es necesario enfatizar durante las capacitaciones que las herramientas a utilizar y los métodos de trabajo siempre deben estar orientados a la mejora continua, y es importante que los operarios asuman la responsabilidad en la optimización día a día de los procesos propios del área. Asimismo, es importante identificar a los operarios líderes y personal administrativo con capacidad de tomar responsabilidad en cada etapa de la implementación y mantenimiento de las mejoras, con la finalidad de lograr influencias positivas en todo el personal de la empresa, así como realizar evaluación y obtener retroalimentación de los avances logrados.

Es necesario que se realice una evaluación periódica de las proyecciones realizadas y se ajusten a la realidad de la empresa, buscando adecuar las mejoras a escenarios reales. Es decir, se debe buscar un sistema de producción dinámico que se adecue a la demanda experimentada por la empresa la cual es muy variable por temporadas.

Se recomienda también realizar revisiones periódicas y las modificaciones necesarias a los métodos y operaciones de cada puesto de trabajo con la finalidad de identificar operaciones o movimientos que no agreguen valor al producto, este análisis debe ser asumido por los operarios de modo que las mejoras sean propuestas proactivamente por parte de ellos.

Es importante también considerar que el pronóstico de demanda realizado expresa valores esperados para corto plazo con mayor nivel de confianza, la proyección con mayor validez se encuentra dentro de los primeros siete meses. Los valores posteriores serán empleados para la evaluación financiera del proyecto teniendo en cuenta que son susceptibles a mayor variabilidad.

Bibliografía

- Aguilar, P. R. (2009). *Manufactura Lean, conceptos y reglas*. México DF: Alfa Omega.
- Arenas Quispe, M., & Reynoso Fernandez, L. (2013). *Optimización de la asignación y programación del despacho y control de mensajería interna y externa de una empresa productora y distribuidora de productos de consumo masivo*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Arrieta, J., Botero, V., & Romano, M. (2010). Benchmarking sobre manufactura esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 15(28).
- Becerra Rodríguez, F. (s.f.). *Sitio web de la Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el 28 de Mayo de 2014, de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/operaciones/bimanualysimo.htm#arriba>
- Cabrea Martínez, D., & Vargas Ocampo, D. (2011). *Mejoras en el sistema productivo de una fábrica de confecciones en la ciudad de Cali aplicando herramientas de lean manufacturing*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial, Universidad ICESI, Santiago de Cali.
- Casini, R. (30 de Octubre de 2008). *Sitio Web de la Universidad Nacional de Córdoba*. Recuperado el 18 de Mayo de 2014, de <http://www.ocw.unc.edu.ar/facultad-de-ciencias-economicas/estadistica-ii/actividades-y-materiales/material-de-estudio-capitulo-vi>
- Centro Europeo de Empresas Innovadoras de Valencia. (2008). *Distribución en Planta*. Valencia: Debase Estudio Gráfico.
- consulting, G. O. (2012). *Sitio web de Grupo OBZ*. Recuperado el 07 de Mayo de 2014, de <http://investigaciongrado.wikispaces.com/file/view/Herramientas+Para+Optimizar+la+Produccion+conceptos+Lean.doc>
- Corporativo, CDI. (s.f.). *Sitio Web de CDI Consultoria*. Recuperado el 2014 de Junio de 30, de <http://www.cdiconsultoria.es/lean-smed-herramienta-reduce-tiempos-cambios-produccion>
- Cuatrecasas Arbós, L. (2009). *Diseño Avanzado de procesos y plantas de producción flexible*. Barcelona: Bresca Editorial.
- Diario Gestión. (25 de Octubre de 2013). Sector textil genera más de 6 mil millones de soles anuales de valor agregado. *Diario Gestión*.

- Díaz del Castillo, F. (2009). *Sitio web de Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2013, de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf
- Gardiner Nielsen Associates Inc. (2000). *Sitio Web de Gardiner Nielsen Associates Inc.* Recuperado el 15 de Febrero de 2015, de <http://www.gardinernielsen.com/5S%20Checklist.pdf>
- Instituto Andaluz de Tecnología. (20 de Agosto de 2013). *IAT Innovación y Tecnología*. Recuperado el 18 de Abril de 2014, de <http://www.iat.es/2013/08/principios-lean-y-sus-herramientas/>
- Kelton, D. (2010). *Simulation with Arena*. Boston: McGraw-Hill Higher Education.
- Lazala Rosario, N. (2011). *EOI - Escuela de Organización Industrial*. Recuperado el 18 de Abril de 2014, de <http://www.eoi.es/blogs/nayellymercedeslazala/2011/12/18/lean-manufacturing-y-sus-herramientas/>
- Leanroots. (2010). *Sitio web de Leanroots*. Recuperado el 17 de Abril de 2014, de http://www.leanroots.com/line_balancing.html
- Mejía Nieto, J. (s.f.). Indicadores de Eficacia y Eficiencia en los Procesos. *Manual De Indicadores De Productividad*.
- Ministerio de la Producción. (25 de Abril de 2012). Destacan importancia del sector textil confecciones. Lima, Lima, Perú.
- Ministerio de la Producción. (24 de Octubre de 2013). Sector textil es inclusivo y genera más de 6 mil millones de soles anuales de valor agregado. Lima, Lima, Perú.
- Ohno, T. (1988). *El sistema de producción Toyota*. Tokyo: Productivity.
- Palomino Espinoza, M. A. (2012). *Aplicación de herramientas de lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Pastor, E. B. (2007). Diseño de un sistema de producción modular en una mediana empresa de confecciones. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima*(25), 9-32.
- Perez Verzini, R. (s.f.). *Sitio Web de Action Group*. Recuperado el 2014 de Junio de 30, de <http://www.actiongroup.com.ar/curso-teorico-practico-sobre-smed/>

- Rigby, D., & Bilodeau, B. (2007). Recuperado el 25 de Setiembre de 2013, de Sitio web de Bain & Company:
http://www.bain.com/management_tools/Management_Tools_and_Trends_2007.pdf
- Rother, M., & Jones, D. (1999). *Learning to see: Value stream mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: Brookline.
- Sarmiento Castillo, L. (2008). *Metodología para la implementación de las 5S's*. Recuperado el 07 de Mayo de 2014, de Sitio web de la Universidad Politécnica de Chiapas:
www.upchiapas.edu.mx/media/sgc/DA/MANUAL5_S.doc
- Villaseñor Contreras, A., & Galindo Cota, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing, Guía básica*. Monterrey: Editorial Limusa.
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*. México DF: Limusa.
- Womack, J., & Jones, D. (2005). *Lean thinking: Cómo utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000.