

PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN EL ÁREA DE CINTERÍA DE UNA EMPRESA DE MARQUILLAS

Paula Andrea Ríos Arango^a,

Oscar Mauricio Castañeda Valencia^b

^a *Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Católica de Oriente, Rionegro - Antioquia*

^b *Profesor, Asesor del Proyecto de Grado, Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Católica de Oriente, Rionegro-Antioquia*

Resumen

El presente artículo expone propuestas de mejora para el montaje y cambio de referencia de cintas elásticas y rígidas de la empresa de Marquillas “Hilo”, mediante la implementación de la metodología SMED; aplicar esta técnica en cualquier empresa industrial es de vital importancia para mejorar el tiempo entre el cambio de referencias. El SMED se considera como una herramienta de mejora continua de los principios Lean Manufacturing, que busca disminuir el tiempo de cambio de referencia. Esta metodología ayuda también a mejorar los procedimientos, esto con lleva a eliminar los defectos de producción y desperdicios de tiempos muertos. Primero se reconocen los problemas presentados de manera continua y que afectan directamente la eficiencia operativa de la empresa. Esta información se analiza con la ayuda de diferentes herramientas como árbol de problemas, diagramas de Pareto, planos de relaciones, entre otros; para la comprensión del proceso y posteriormente ejecutar técnicas que ayudan a disminuir el tiempo de montaje y que aumenta la productividad de la empresa que se verá reflejada finalmente en reducción de costos de operación. Mediante la aplicación de esta metodología en la empresa de Marquillas se puede lograr una disminución de más del 50% del tiempo utilizado en el cambio de referencia

1. Introducción

La industria textil a lo largo de la historia ha tomado gran relevancia para la economía mundial, la implementación de metodologías y nuevas tecnologías han ayudado al desarrollo de la misma; sin embargo, unas de las industrias textiles son más conocidas que otras, este es el caso de las empresas manufactureras de cintas elásticas y rígidas, la poca información sobre los procedimientos, maquinaria y herramientas a nivel nacional han provocado que el rendimiento de las mismas sea bajo, este tema se puede evidenciar en la empresa de Marquillas una empresa ubicada en el Oriente Antioqueño que lleva poco tiempo en el mercado y que se ha especializado en la producción de marquillas para ropa, pero que presenta muy baja productividad en el área de cintería.

Mediante el análisis del área de cintería se determinan los diferentes factores que afectan su productividad, pero se puede concluir que la mayor problemática son los tiempos muertos en el cambio de referencia en el proceso de montaje, donde se aumenta considerablemente el tiempo de cambio. Existen diferentes metodologías para mejorar la eficiencia de los procesos, pero son pocas las empresas en las que se analizan los tiempos de montaje y sobretodo los tiempos muertos en este. Por lo antes mencionado se emplearán herramientas de ingeniería industrial, para entender y diagnosticar de forma cuantitativa el estado del proceso y apalancar la mejora con los fundamentos de la metodología SMED.

1.1. Estado del arte

Luego de definir el principal problema que presenta la empresa de Marquillas se determina como punto de investigación la metodología SMED, es muy importante obtener un conocimiento profundo sobre este tema relacionado con los diferentes factores que influyen en el proceso de cintería, por eso se abordan las siguientes ecuaciones de búsqueda, Estas ecuaciones se investigan en las siguientes bases de datos: ScienceDirect, IEEE Explore, ProQuest.

- All SMED and All Textile production
- All SMED and All manufacture
- All SMED and All dead times

En la primera ecuación de búsqueda All SMED and All Textile production, se encontraron en total 74 resultados publicados entre los años 1983 y 2019.

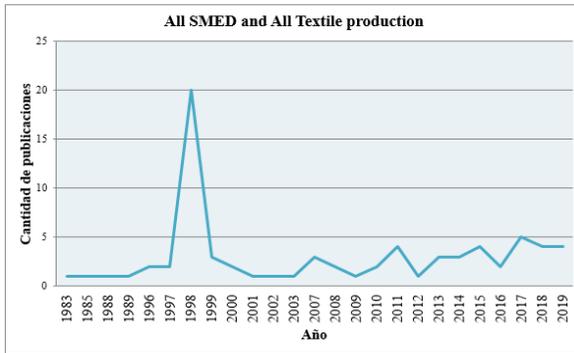


Figura 1. Ecuación de búsqueda: All SMED and All Textile production. Fuente: Elaboración propia

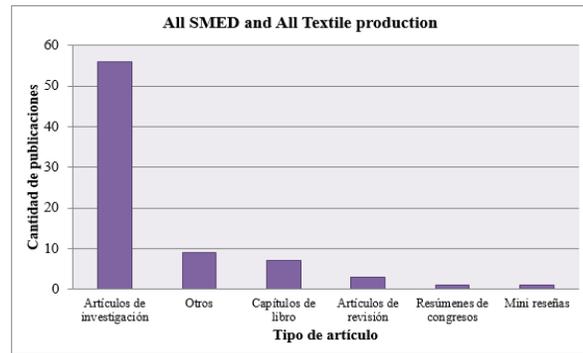


Figura 2. Tipo de publicación: All SMED and All Textile production. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede evidenciar en la figura 1, el año 1998 es donde se presenta mayor número de publicaciones con un total de 20 artículos, los demás años tienen un promedio aproximado de 3 publicaciones. La figura 2 muestra el tipo de publicación sobre la primera ecuación de búsqueda, los artículos de investigación son los más frecuentes de 74 publicaciones 56 son de este tipo.

En la segunda ecuación de búsqueda All SMED and All Manufacture, se encontraron en total 499 resultados publicados entre los años 1995 y 2019.

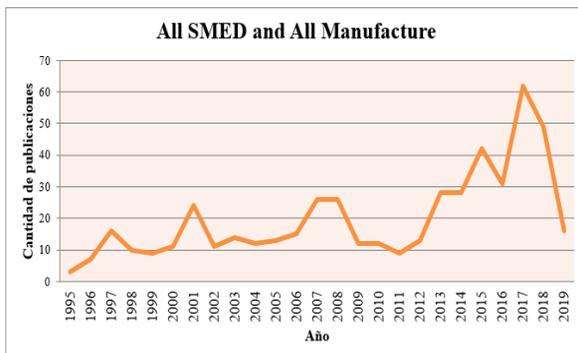


Figura 3. Ecuación de búsqueda: All SMED and All Manufacture. Fuente: Elaboración propia.

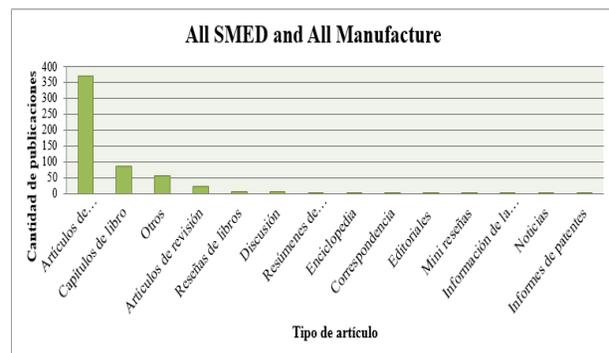


Figura 4. Tipo de publicación: All SMED and All Manufacture. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede evidenciar en la figura 3, el año 2017 es donde se presenta mayor número de publicaciones con un total de 62 artículos, los demás años tienen variaciones entre 1 a 42 publicaciones máximo. La figura 4

muestra el tipo de publicación sobre la segunda ecuación de búsqueda, los artículos de investigación son los más frecuentes de 499 publicaciones 369 son de este tipo.

En la tercera ecuación de búsqueda All SMED and All Dead Times, se encontraron en total 115 resultados publicados entre los años 1994 y 2019.

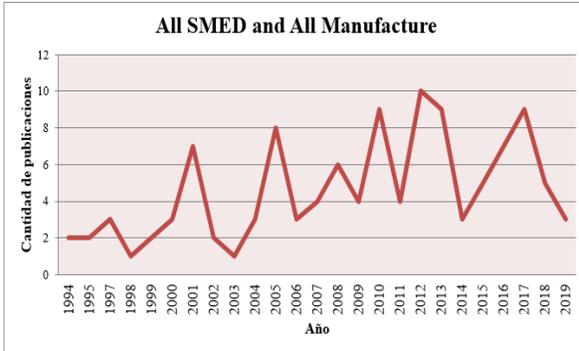


Figura 5. Ecuación de búsqueda: All SMED and All Dead Times. Fuente: Elaboración propia.

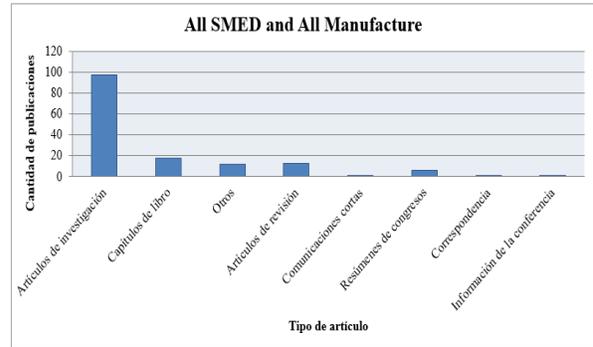


Figura 6. Tipo de publicación: All SMED and All Dead Times. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede evidenciar en la figura 5, el año 2012 es donde se presenta mayor número de publicaciones con un total de 10 artículos, los demás años tienen variaciones entre 1 a 9 publicaciones máximo. La figura 6 muestra el tipo de publicación sobre la segunda ecuación de búsqueda, los artículos de investigación son los más frecuentes de 115 publicaciones 97 son de este tipo.

De las publicaciones utilizadas como fuente de investigación sobre las ecuaciones de búsqueda se determina que el país con mayor número de publicaciones es Portugal con un porcentaje del 34 % como se muestra en la figura 7.

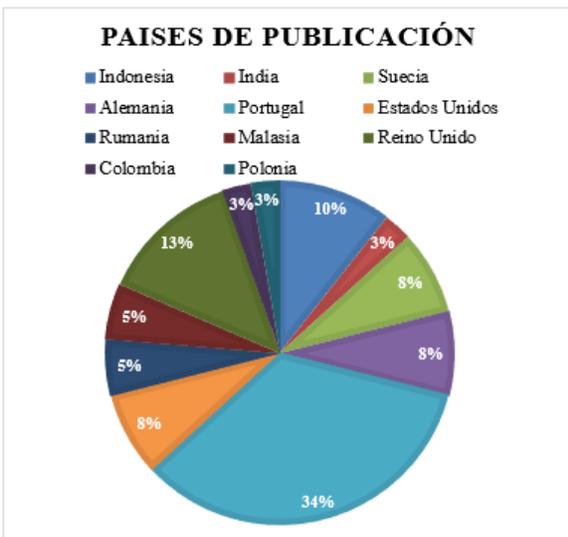


Figura 7. Países de publicación. Fuente: Elaboración propia

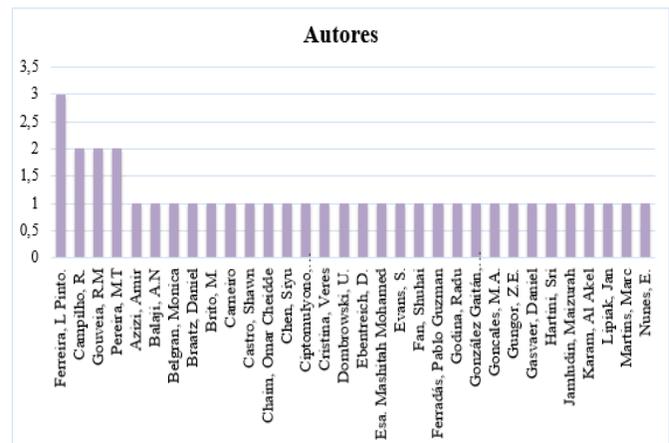


Figura 8. Autores de los escritos analizados. Fuente: Elaboración propia

A demás se analizaron los autores de las diferentes publicaciones. En la figura 8 se muestran algunos de ellos debido a que un escrito puede tener múltiples autores.

Sobre el tema en singular de montaje de cintas es difícil encontrar referencias bibliográficas, debido a que son pocas las empresas que se dedican a la producción de este tipo de productos; adicional la mayoría de estas son pequeñas empresas en las que no se presenta estandarización de los procesos, es decir, no se tiene información sobre el paso a paso de cada una de las actividades y son recelosas con la información adquirida de sus experiencias.

Otra metodología que se puede implementar para analizar el tiempo de cambio de referencia y el tiempo entre paros es el estudio de tiempos y movimientos, esta técnica ayuda a las empresas a verificar el tiempo entre procesos para determinar si su funcionamiento es el adecuado, si el auxiliar realiza su labor correctamente y eliminar movimientos y procedimientos innecesarios. Pero para el análisis del área de cintas de la empresa de Marquillas nos vamos a enfocar en la metodología SMED.

1.2. Planteamiento del problema

En el área de cintería de la empresa de Marquillas se identifican diversos problemas que afectan principalmente su rentabilidad; con la construcción del árbol de problemas se analiza sus causas y las consecuencias que actualmente tienen más peso en la poca eficiencia operativa del proceso, con el fin de planear estrategias que ayuden al mejoramiento continuo de la empresa.

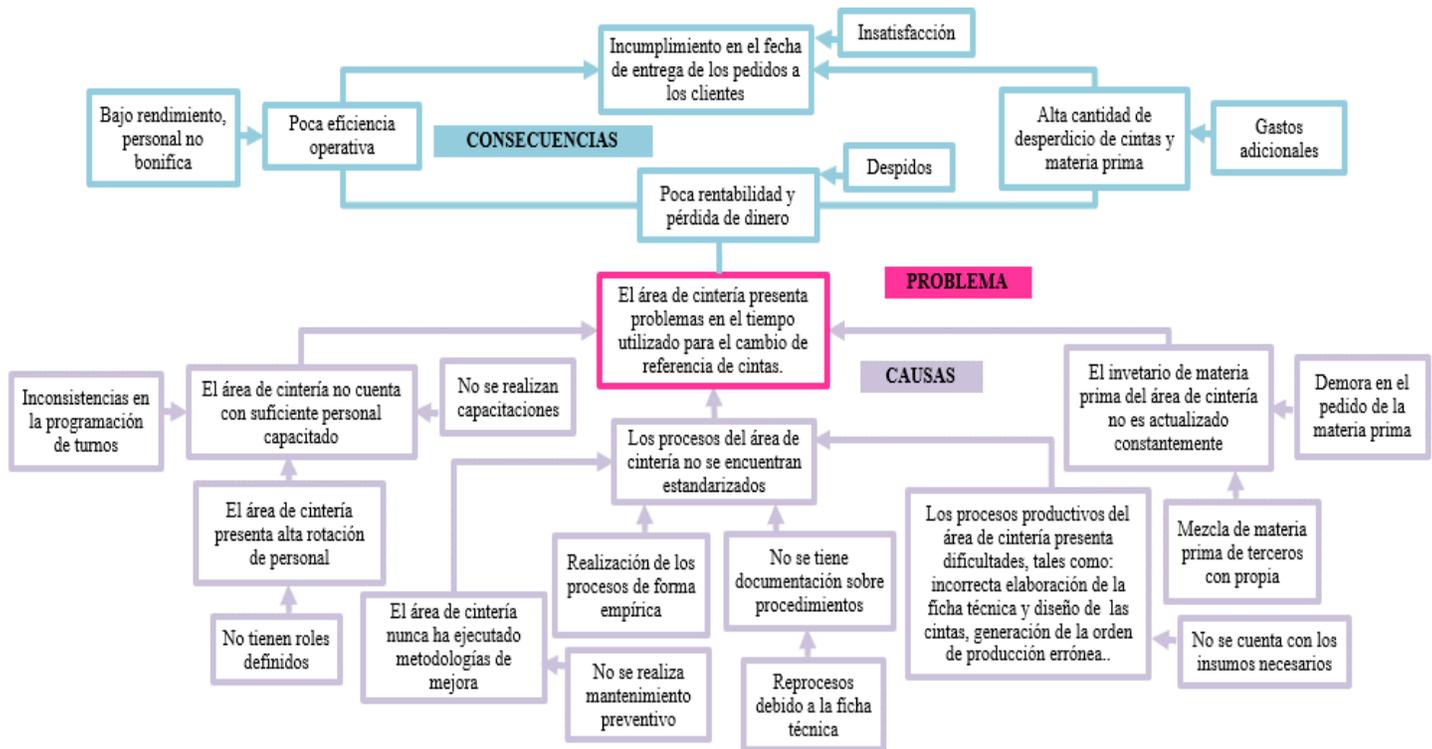


Figura 9. Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia.

El problema se ha visto reflejado mediante diferentes factores como lo son: la demora de entrega de los pedidos, aumento de reprocesos, renuncia de personal, el crecimiento en el reporte de horas extras del personal, incremento en el porcentaje de desperdicio, entre otros muchos aspectos que han disminuido el objetivo principal de la empresa que es mantener la rentabilidad.

Para sobrevivir en el mundo competitivo de la era actual, los fabricantes deben encontrar nuevas formas de reducir los plazos de fabricación para mejorar la productividad. Hoy en día, su objetivo es mejorar el rendimiento de la productividad, al reducir el tiempo de entrega de la producción y el desperdicio de producción, que son los objetivos más importantes para casi todas las empresas de fabricación. [2]

Adicional de las causas mencionadas anteriormente, se debe tener en cuenta la necesidad de mantenerse al día con una tendencia global de personalización de productos y requisitos de reducción de costos, se debe garantizar el uso más eficaz de los recursos en cada área de trabajo. [3]

En el Anexo 1, se muestra el análisis estructural y plano de relaciones de las diferentes causas.

1.3. Justificación

Es importante para cualquier empresa ser competitivo en el mercado, por eso se deben implementar metodologías que ayuden a aprovechar los recursos utilizados en los procesos de forma eficiente. Uno de los recursos más significativos es el tiempo, el cambio de referencia se debe realizar de una forma óptima en la que se utilicen alternativas donde se aproveche al máximo la capacidad de la mano de obra e insumos y donde no se presente desperdicio de tiempo. En la empresa de Marquillas se aplicarán todos los conceptos relacionados al SMED para mejorar el tiempo entre el cambio de referencia.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Mejorar el tiempo de cambio de referencia en el área de cintas de una empresa de Marquillas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual del proceso de montaje del área de cintería.
- Estudiar los factores que afectan la eficiencia operativa en el cambio de referencia.
- Implementar los conceptos de la metodología SMED en el área de cintería.
- Proponer mejoras para disminuir el tiempo en el montaje de cintas.

2. Materiales y métodos

2.1. Tipo de Estudio

Para la creación del artículo se utiliza el estudio de tipo descriptivo, debido a que se trata de una observación e investigación de los procesos de la empresa de Marquillas; se analiza la información de fuentes primarias brindadas directamente de la empresa y se realizan acercamientos hacia los diferentes procesos. El tipo de estudio descriptivo, tiene como objetivo especificar y analizar lo observado y así poder determinar factores que ayuden a la toma de decisiones para mejorar procesos.

2.2. Método de investigación

El método de investigación utilizado es la observación para la recolección de información y de datos con un enfoque cuantitativo que busca entender los procesos y aspectos que influyen negativamente en el área de cintería en condiciones normales [1]. Esta información es importante para comprender a cabalidad el entorno de trabajo, las circunstancias que llevan hacia la improductividad de los procesos y las falencias creadas directamente por el factor humano, y así poder tomar decisiones que lleven a la mejora continua.

A demás se aplica también el método analítico con el fin de encontrar la relación causa-efecto del sistema, entre la forma de realizar los diferentes procedimientos y las falencias resultantes de las técnicas utilizadas erróneamente en la empresa.

2.3. Fuentes de información

La fuente de información utilizada es la primaria, mediante la recolección de información proporcionada por la empresa se obtuvo por medio de:

- Observación: se implementa la observación para crear un diagnóstico de la forma como se realiza el proceso de cintería actualmente y así poder sugerir las posibles mejoras con un conocimiento objetivo.
- Entrevistas: discutir sobre la problemática con las personas que más conocen el proceso, es de gran ayuda para entender los procedimientos y las posibles falencias, las entrevistas con los trabajadores permiten abordar de una forma más a fondo la unidad de análisis.
- Documentación de la empresa: se analiza la información brindada de la empresa (bases de datos, listas de chequeo, fichas técnicas, libros y manuales técnicos).

3. Resultados y análisis

3.1. Etapa 1: Análisis del proceso de cintería

3.1.1. Interacciones del sistema

El área de cintería fue constituida hace muy poco en la empresa de Marquillas y no se han consolidado correctamente sus procesos. Es importante conocer el sistema a profundidad para poder optimizar los procesos, cada industria tiene una necesidad creciente de mejorar la calidad, la producción y la voz de la satisfacción del cliente [3]. Actualmente cintería se interrelaciona con las otras áreas que intervienen en su funcionamiento, como lo son: la gerencia, financiera, gestión humana, salud ocupacional, almacén, diseño-calidad y planeación que se ejecuta empíricamente por la supervisora de producción y el diseñador textil.

En estas interacciones se puede verificar diferentes puntos de control, de riesgo y de decisión que contribuyen en la ejecución del área de cintería. El proceso inicia mediante la orden de pedido al área financiera que pasa la factura a la gerencia y a diseño, luego se realiza la planeación que como se manifestó anteriormente se realiza de una forma autónoma, no se realizan proyecciones y este es uno de los grandes problemas que presenta cintería, ya que en muchas ocasiones el incumplimiento en la fecha de entrega de los pedidos a los clientes se debe a la programación errónea de las máquinas, por esto se recomienda implementar un sistema en el que se tenga en cuenta el ritmo de trabajo ejecutado en los últimos meses dependiendo la referencia y adicional agregar un tiempo de imprevistos que normalmente ocurren por daños mecánicos, falta de materia prima y por el diseño de la cinta.

Luego, el área de diseño envía la ficha técnica de la referencia pedida al área de producción, esta realiza la orden de producción con la información correspondiente a la cinta: metros a tejer, ancho de la referencia, telar, elongación, color, metros de urdido, tipo de enrollado, entre otros aspectos.

El área de Gestión Humana se relaciona con cintería mediante el requerimiento del personal, realización de entrevistas de trabajo, incapacidades, permisos y novedades del personal. Esta interacción es muy importante, ya que una de las causas del problema mencionado es la alta rotación de personal y poco personal especializado. Desde allí se presenta una de las mayores falencias, el personal es una de las claves para mejorar los procesos productivos.

Otra área importante es la de almacén, los inventarios juegan un papel fundamental en la producción y sobre todo cuando una empresa se especializa en prestar procesos de maquila a terceros. El control de insumos y materia prima se debe realizar de forma consecuente, la falta de materia es uno de los tipos de paro que se pudo verificar en el cuadro resumen y en el diagrama de Pareto, aunque sólo obtuvo casi un 2% de porcentaje con respecto a los otros tipos de paro no se debe dejar a un lado y aplicar metodologías de control y mejora para que en un futuro no se convierta en un proceso más complicado.

La salud ocupacional en la empresa Marquillas es un factor débil y que actualmente está en proceso de renovación, aunque no se presenta una relación muy fuerte con esta área el bienestar y la salud de las personas siempre será un concepto fundamental para el cumplimiento productivo.

En el Anexo 1, el diagrama de las interacciones del área de cintería con respecto a las demás áreas de la empresa de Marquillas.

3.1.2. Proceso de Cintería

El proceso de cintería es cíclico, es decir, empieza con el pedido del cliente y termina con la entrega del producto terminado al mismo. Son varios los procedimientos que se despliegan para la producción de cintas.

El cliente realiza el pedido al área financiera con la referencia a comprar y sus debidas especificaciones (color, ancho, elongación, peso y diseño), financiera crea la orden en el sistema e ingresa la información de precio de venta de la cinta y el costo de producción de la mismas. Luego la orden llega a diseño, quien realiza la ficha técnica mediante el sistema Múcad, que es un software desarrollado exclusivamente para las máquinas de tejer Müller que garantiza el procesamiento de diseño y elaboración del dibujo.

La orden de producción se lleva directamente al urdidor que se encarga de urdir el hilo en carretes dependiendo el telar; el urdidor debe diferenciar los tipos de hilos para programar la velocidad, la tensión, el pase de los hilos y el tiempo de urdido.

Cuando los carretes estén listos se pasan a telares, allí es donde se encuentra el problema de montaje por el cambio de referencia. Será tratado a fondo en el siguiente capítulo. Luego del montaje e inicio de máquina se tejen las cintas por el tiempo programado.

Por último, las cintas son transportadas por los auxiliares de tejeduría hacia enrollado, allí mediante la máquina enrolladora se forman los rollos o bobinas según el pedido del cliente y los metros solicitados. Adicional uno de los auxiliares empaca los rollos o bobinas en bolsas y luego en cajas para ser enviadas al cliente, se marca cada una de las cajas con rótulos donde se especifica la referencia, el color, metros y cantidad de rollos o bobinas.

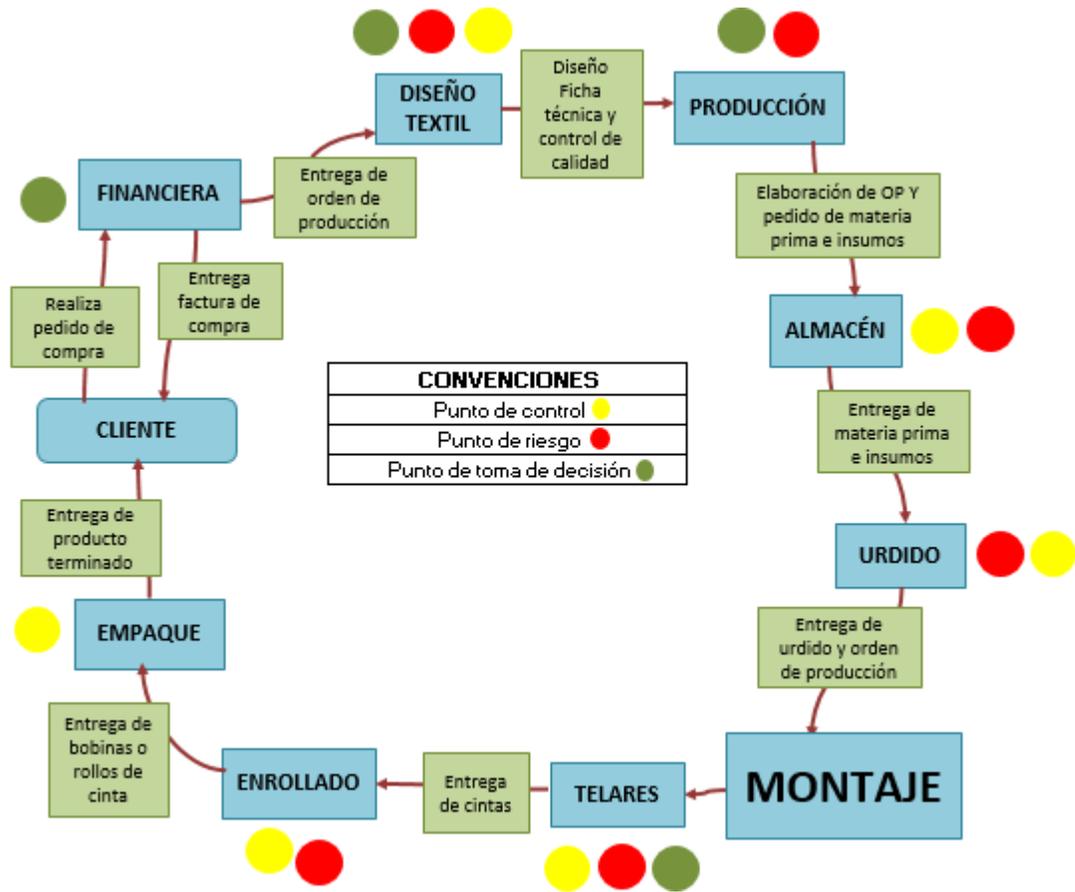


Figura 10. Proceso Cintería. Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 1 se puede verificar con más detalle el proceso de cintería. A demás los auxiliares de tejeduría realizan chequeos del producto terminado mediante la lista de chequeo que se puede verificar en el Anexo 1.

3.1.3. Tipos de paro

Analizando el proceso de forma general, son diferentes los motivos por los cuales las máquinas de la empresa paran, afectando directamente el rendimiento y la productividad, a continuación, queremos identificar cuáles son los procesos críticos con base a información de los últimos 6 meses del año 2018. La información más detallada se puede verificar en el Anexo 1.

Tipos de paro	Frecuencia últimos 6 meses 2018 (horas)	Porcentaje
Montaje	2355,25	58,1%
Daño mecánico	458,16	11,3%
Muestras	402	9,9%
Relevo urdido	186,97	4,6%
Pase hilos	122,62	3,0%
Mantenimiento	119	2,9%
Falta materia prima	79,02	1,9%
Falta de pedido	77,12	1,9%
Espera urdido	72,46	1,8%
Diseño textil	57,43	1,4%
Aprobación tono	45,8	1,1%
Fin pedido	32,93	0,8%
Montaje urdido	15	0,4%
Inicio montaje	12,35	0,3%
Relevo tramas	9,92	0,2%
Ajuste mecánico	8	0,2%
Prueba teñido	3	0,1%
TOTAL	4057,03	100,0%

Tabla 1. Frecuencia de los tipos de paros. Fuente: Elaboración propia.

Con la elaboración del diagrama de Pareto se identifican las causas de paro que se producen con mayor frecuencia, es decir, que el 17.6%de las actividades que generan paros (montaje, daño mecánico, muestras) representan el 79.2% del tiempo acumulado.

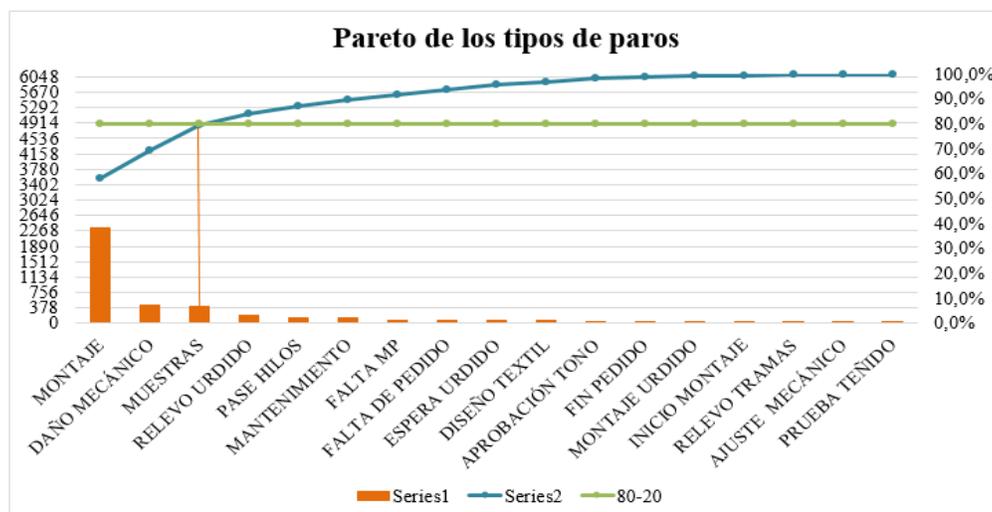


Figura 11. Pareto: tipos de paros. Fuente: Elaboración propia.

Adicional a los paros mencionados anteriormente para mejorar la eficiencia operativa de la empresa se debe tener en cuenta los paros que son causados directamente por la máquina, como es mencionado en la tesis del ingeniero Saúl Chumbile, Tres de los mayores problemas asociados con una planta de tejeduría de punto de fibra cortada son: Paros falsos, Agujeros en los tejidos, Formación de borra. En este contexto los agujeros en el tejido (Causados por paros falsos, rotura de hilados, nudos atados incorrectamente, etc.) [4]

Por eso el conocimiento mecánico de las máquinas es indispensable para el correcto funcionamiento de las mismas y así se puede evitar paros adicionales a los causados en el montaje de cintas.

3.1.4. Cambio de referencia: montaje de cintas

Dependiendo la referencia y el telar donde se decide tejer, el proceso de montaje toma un tiempo promedio, aunque en ocasiones este tiempo puede ser mayor, sobre todo cuando la referencia es nueva para la empresa o cuando se presentan problemas; en la máquina se válida los datos adquiridos en los últimos 6 meses del año 2018 de los montajes realizados durante ese tiempo.

Mediante el análisis de la información adquirida de montaje se puede verificar que este tiempo es demasiado alto ya que varía de 18 a 25 horas o en ocasiones un mayor valor. Todo este tiempo la máquina permanece parada, es decir, que durante este periodo se generan costos muy altos (mano de obra, tiempo, insumos, entre otros) para la poca productiva que demuestra por eso se puede afirmar que la eficiencia es tan baja porque se están desaprovechando todos los insumos y esfuerzos realizados.

Las condiciones comerciales de hoy se caracterizan por una mayor competencia. Por lo tanto, las empresas tienen que hacer frente a ciclos de vida del producto más cortos, mayor complejidad del producto y más variantes del producto [5]. Por esto es transcendental disminuir el tiempo de cambio de referencia del área de cintería y se implementarán diferentes metodologías para disminuir este tiempo.

Se adiciona el ritmo de trabajo de las diferentes referencias de los últimos 6 meses del año 2018, en el Anexo 1

REFERENCIA	MÁQUINA	PROMEDIO	%
Elástico de encarterar 05 mm	RD	18,5	27,7%
Elástico de encarterar 07 mm			
Elástico de encarterar 10 mm			
Elástico de encarterar 25 mm			
Elástico de encarterar 30 mm			
Elástico de encarterar 35 mm			
Elástico de encarterar 40 mm			
Elástico de encarterar 50 mm			
Raso Nylon Brillante 13 mm	NF	22,7	33,9%
Raso Nylon Brillante 24 mm			
Faya Industrial 16 mm			
Faya Industrial 24 mm			
Hiladilla Olas 35 mm			
Hiladilla Olas 40 mm			
Papy Nylon 35 mm	JK	25,7	38,4%
CHK 40 mm			
Escarapela U. Militar			

Tabla 2. Tiempo de montaje dependiendo la referencia. Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. Máquinas

Entre la gran variedad de muestras que pueden fabricarse en máquinas de gran diámetro, para tejido de punto, las llamadas JACQUARD, tienen inmensas posibilidades debido a la gran cantidad de mecanismos conocidos y por medio de los cuales se pueden conseguir efectos y colores. Siendo de interés este sistema, vamos a presentar algunas muestras obtenidas con mecanismos distintos, empezando por muestras preparadas para máquinas provistas de ruedas selectoras, puesto que son las de más simple obtención.[6]

La empresa de Marquillas tiene en total 12 máquinas de tejeduría: 3 máquinas Rashelina, 5 máquinas NF y 4 máquinas JK. Pero sólo nos vamos a enfocar en la máquina NF, debido a que las cintas tejidas en ella presentan una alta rotación y el tiempo que se utiliza para el cambio de referencia es muy alto en promedio 22 horas

- 5 Máquinas NF: para cintas elásticas y rígidas, de ligeras a medianas. Se puede trabajar de manera óptima todas las materias primas textiles tanto en urdimbre como en trama Garantiza altas eficiencias, economía, y seguridad de operación. [7]



Figura 12. Imagen NF. Fuente: Müller

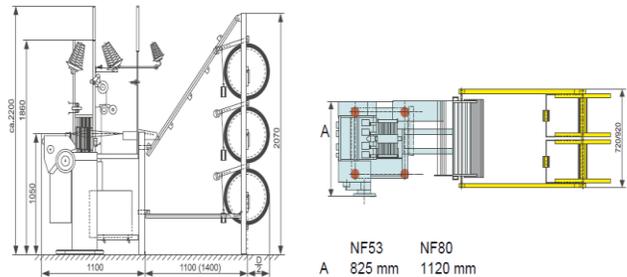


Figura 13. Dimensiones máquina NF. Fuente: Müller

3.2. Proceso de montaje

Las operaciones de cambio son un elemento crítico del entorno de fabricación y es probable que se vuelvan aún más importantes en el futuro cercano. Especialmente en las industrias que tratan con una amplia gama de productos, es probable que un requisito básico en un futuro próximo sea el cambio de un producto a otro con el menor impacto económico y ambiental posible. [8]

El montaje de cintas es un proceso complejo, lo primero que se debe entender es el concepto de tejido; como se menciona en el Manual Control de calidad en productos textiles y afines, los tejidos son constituidos por hilos longitudinales llamados hilos de urdimbre entrelazados con otra serie de hilos transversales llamados hilos de trama para formar un ligamento. En el telar los hilos que constituyen la urdimbre se desenrollan en un cilindro llamado plegador y van colocados unos paralelos a otros. La trama es conducida a través de la lanzadera por la abertura llamada calada. Esta es la finalidad del proceso del montaje, construir un tejido que a su vez se convierta en una cinta de una referencia en particular. Pero para llegar a este punto primero se debe entender los pasos a seguir para iniciar la máquina. [9]

Inicialmente se realiza la entrega de la orden de producción, este paso es realizado directamente por el supervisor de producción del área. El encargado de diseño envía la orden del pedido y de allí el supervisor adquiere la información para crear la orden de producción (referencia, cantidad de metros a tejer, color, ancho) y adicional la ficha técnica donde se puede evidenciar físicamente la cinta con el fin de tener una referencia

exacta para el control de calidad del producto terminado. Luego el supervisor se dirige a la máquina asignada para la tejer la referencia y explica las condiciones necesarias a los empleados. Este proceso se realiza normalmente en 15 minutos sin que ocurra ninguna novedad.

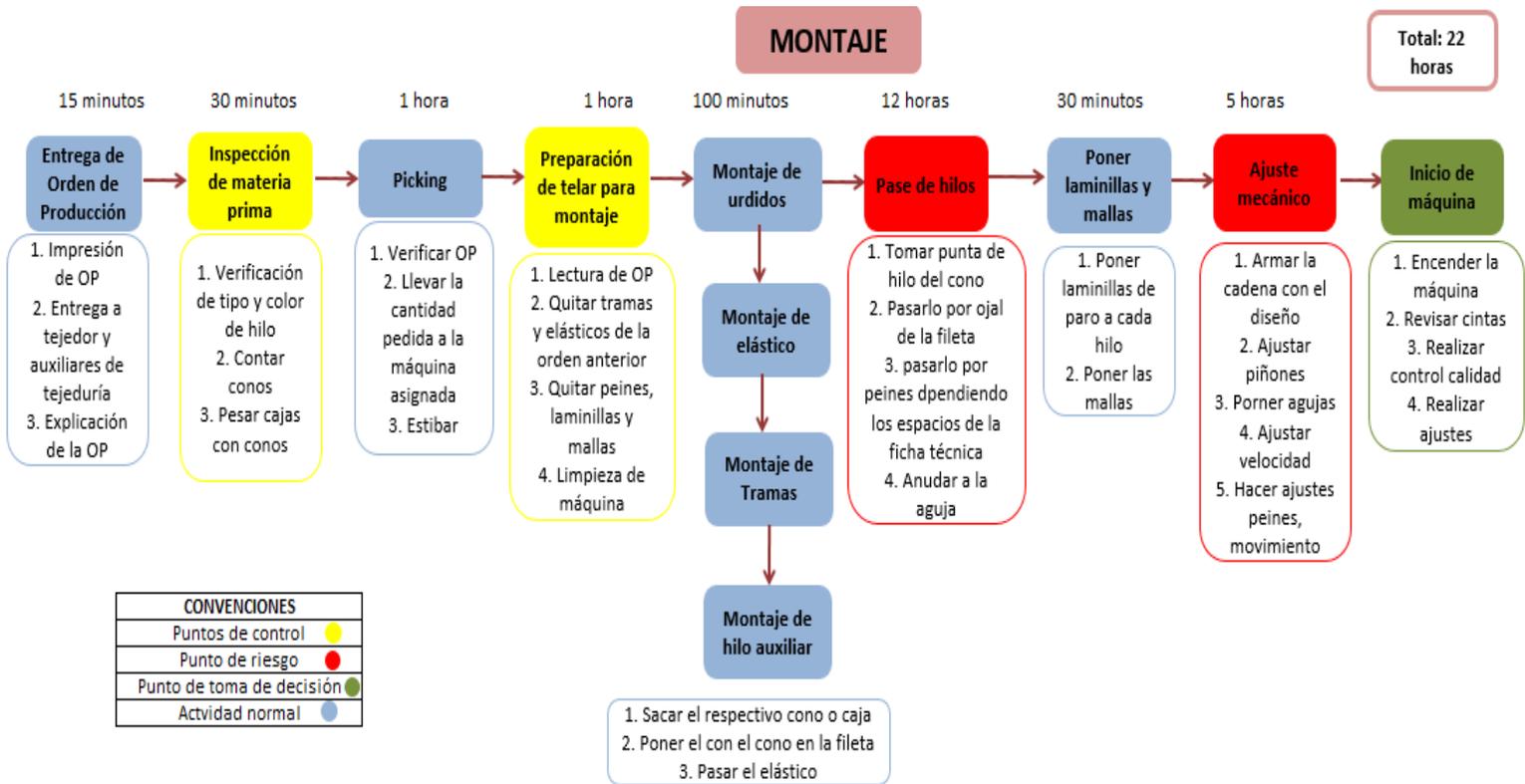


Figura 14. Proceso de Montaje. Fuente: Elaboración propia.

El auxiliar de tejeduría que normalmente es el empacador de cintas ejecuta el picking, con una monta carga transporta las cajas hacia la máquina asignada pero antes debe verificar si los conos son los indicados o si no se debe re-enconar, este proceso consiste en enconar en un cono pequeño hilo de los conos más grandes para poder ajustar la cantidad de conos necesaria. Debe ser muy cuidadoso con la entrega de materia prima para que no se presenten confusiones de hilos, por eso este proceso se demora 1 hora o en ocasiones más tiempo.

La preparación del telar está a cargo de los auxiliares de tejeduría, ellos deben garantizar el telar disponible sin ningún hilo, agujas, laminillas, peines ni otros insumos utilizados en la referencia tejida anteriormente; además se realiza una limpieza general al telar esto con el fin de garantizar el buen funcionamiento del mismo. La preparación del telar consume un tiempo de 1 hora y participan los auxiliares de tejeduría asignados al turno.

Uno de los procedimientos que consume más tiempo, aunque relativamente es sencillo es el montaje de urdidos, de elástico, de tramas y de hilo auxiliar. Es proceso solo consta en montar los urdidos de urdimbre, los conos para la trama y el hilo auxiliar, además empatar el elástico y pasarlo por el respectivo camino. En este proceso se invierte un tiempo de 100 minutos. Antes de continuar la descripción del montaje se debe estudiar de forma sencilla los componentes del telar. El telar moderno básico consta de dos soportes o enjulios, uno para la urdimbre y otro para la tela, entre los cuales se encuentran los hilos de urdimbre.

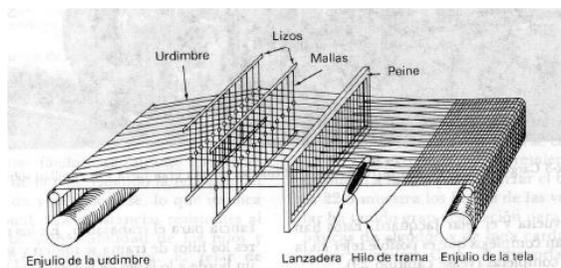


Figura 15. Telar. Fuente: Manual de control de calidad en productos textiles y afines

La urdimbre se eleva y se baja por medio de un dispositivo de mallas-lizos. Un lizo es un marco en que se sujetan las mallas. Una malla es un alambre con un orificio en el centro a través del cual pasa el hilo. Hay tantas mallas como hilos de urdimbre en la tela y se encuentran sujetas por dos o más lizos. Como puede verse en el diagrama de un telar de dos lizos cuando uno de ellos se eleva, los hilos forman calada a través de la cual se insertan los hilos de trama. Una lanzadera lleva el hilo de trama a través de esta calada. Un peine aprieta el hilo de trama sobre la tela para lograr así un tejido firme. El peine es un conjunto de alambres en un marco y los espacios entre ellos se llaman dientes. [9]

El pase de hilos es uno de los procedimientos más críticos y de riesgo del montaje, el mayor problema de este es la falta de experiencia de los empleados ya que solo se cuenta con dos tejedores expertos para los tres turnos y en muchas ocasiones el tiempo muerto es muy alto por este motivo; adicionalmente el pase de hilos no permite que otros procedimientos se realicen simultáneamente esto quiere decir que la máquina permanece apagada y sin avances adicionales al proceso. Otro aspecto que afecta son los reprocesos, la ficha técnica es esencial para el éxito de esta actividad, si es construida incorrectamente el pase de hilos no va a ser efectivo finalmente. Pasar aproximadamente 200 hilos por cintas por diferentes peines, malla y agujas no es tarea fácil y sumándole las inconsistencias el pase de hilos conlleva 12 horas del montaje de una referencia de cinta, este es uno de los puntos claves a mejorar para disminuir el tiempo en el cambio de referencia.

Las mallas permiten que el hilo realice el movimiento correcto para realizar la pasada y el tejido. Las laminillas ayudan a prevenir errores en la calidad de cinta cuando se revienta un hilo. Poner estos dos insumos gasta 30 minutos del proceso. Se debe garantizar que todos los hilos tengan laminillas y pasen por las laminillas correspondientes.

Por último, el ajuste mecánico por la complejidad de la máquina se convierte en una fase demorada; la experiencia juega un papel importante y adicional las herramientas y repuestos de las máquinas en ocasiones son difíciles de encontrar debido al origen de las mismas (Alemania). Tanto el mecánico como el tejedor son los encargados de este proceso, es necesario el acoplamiento y la comunicación entre ellos. Debido a que es un proceso muy técnico también presenta múltiples condiciones de riesgo por esto, son necesarias 5 horas o en ocasiones más para garantizar el buen funcionamiento de la máquina y la calidad de las cintas. En el Anexo 1, se pueden observar imágenes del montaje de cintas para tener mayor claridad en el proceso.

Como se puede evidenciar el cambio de referencia de cinta, es un procedimiento complejo que conlleva un tiempo total de 22 horas. Para la industria no es rentable mantener tanto tiempo paradas las máquinas y menos cuando se cometen tantos errores que mediante la aplicación metodologías de mejora se podrían corregir. En este caso la metodología más adecuada de aplicar es el SMED para disminuir el tiempo en el montaje y así garantizar primero el funcionamiento adecuado de la empresa y segundo mediante la calidad la satisfacción de los clientes

3.2.1. Matriz de Consecuencia

Puntos de control (Actuales) ●				Puntos de control (Popuestos) ★			
Nodos	Toma de decisión	Control	Riesgo	Nodos	Toma de decisión	Control	Riesgo
Inspección de materia prima		x		Inspección de materia prima	x	x	
Picking		x	x	Picking		x	
Preparación de telar para montaje		x		Preparación de telar para montaje		x	
Montaje		x		Montaje		x	
Pase de hilos			x	Pase de hilos		x	
Poner laminillas y mallas		x		Poner laminillas y mallas		x	
Ajuste mecánico			x	Ajuste mecánico		x	
Inicio de máquina		x	x	Inicio de máquina		x	

Tabla 3. Puntos de Control. Fuente: Elaboración propia.

Luego de analizar las interacciones entre el sistema se puede evidenciar que la cantidad de puntos de riesgo son muy altos y que se debe implementar mejoras en las que se presenten nuevos puntos de control y otros de decisión los cuales especifican a continuación

- Inspección de materia prima y picking: el control de la materia prima es muy importante, se debe realizar marcación de esta y tomar decisiones respecto a su distribución.
- Preparación de telar para montaje: para tener un mayor control en esta actividad se debe realizar jornadas de limpieza y mantenimiento general de las máquinas.
- Montaje, pase de hilos, poner laminillas-mallas, y el ajuste mecánico: estos son los procesos más complejos del sistema por eso se deben implementar diferentes herramientas de ingeniería para garantizar su buen funcionamiento. Buscar optimizar el tiempo requerido para los diferentes procedimientos y controlar la eficiencia operativa del área.
- Inicio de máquina: Agilizar el proceso de arranque, apoyar el área de calidad para realizar los procesos, control y verificación del arranque en el menor tiempo.

3.3. SMED

Luego de la descripción técnica de todos los procesos, nos centramos en la mejora, donde utilizaremos la metodología del SMED (Single Minute Exchange of Dies), principio que nos ayuda a realizar cambios rápidos de herramientas (troqueles, punzones, moldes, etc.), eliminando las actividades que retrasan el cambio al ejecutarlas mientras la maquinaria o equipo están en operación.

Como se puede observar, la técnica de la aplicación del SMED, tiene como principal objetivo realizar actividades mientras la maquinaria o equipo están trabajando para eliminar aquellas actividades (buscar, traer, conseguir, ajustar, etc.), que alargan el tiempo de cambio de herramientas. [10]

La técnica (SMED) ofrece la posibilidad de acortar el tiempo de inactividad de la máquina, aumentando la salida final. Completar los Cambios entre productos en una máquina de envasado determinada utilizando la técnica de Intercambio de matrices de un solo minuto (SMED) ofrece la posibilidad de acortar el tiempo de inactividad de la máquina, lo que aumenta la producción final. [3]

El alcance de la implementación de la metodología SMED en el proceso productivo de montaje de cintas empieza desde la salida del último metro de la referencia anterior hasta la salida del primer metro de la referencia nueva. La implementación adecuada del sistema de mejora SMED puede representar el factor clave en un objetivo de reducción de tamaño de lote gratificante, que garantizaría una mayor flexibilidad y un mejor flujo de producto en el área de fabricación. [3]

El objetivo de aplicar SMED en el área de cintería es en general disminuir el tiempo muerto en el montaje, estos tiempos muertos se presentan principalmente por los procedimientos de pase de hilos y ajuste mecánico, en ellos se presentan esperas ocasionadas por falta de conocimiento del proceso, falta de insumos y personal no capacitado para la labor. Esta metodología proporciona una manera rápida y eficiente de convertir un proceso de fabricación cuando el producto cambia. [11]

En el anexo 1, se puede verificar una gráfica sobre el marco teórico y las etapas de la metodología SMED.

3.3.1. Etapa 2: Identificar actividades (Proceso actual)

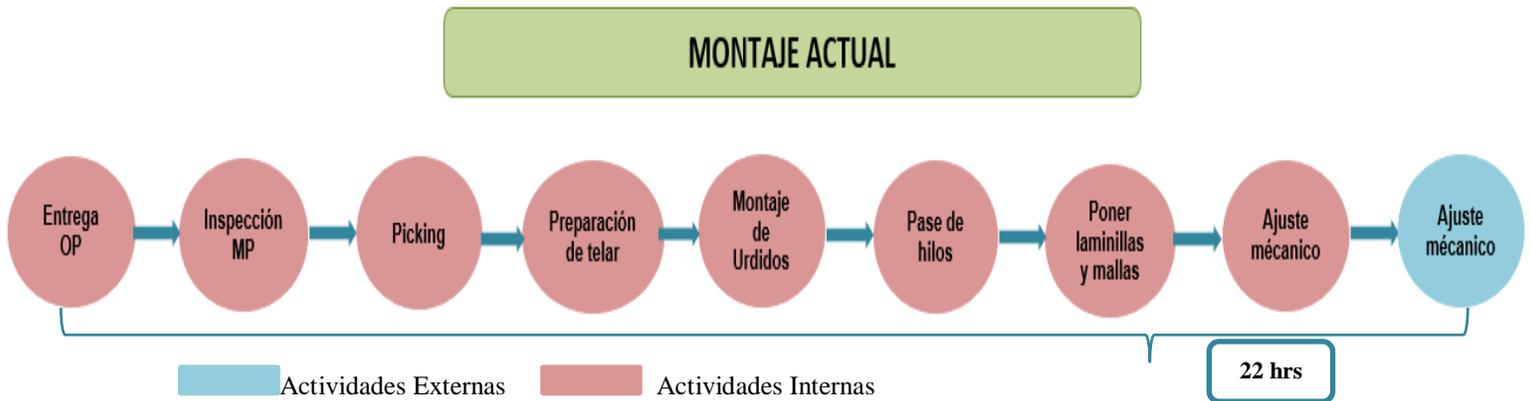


Figura 16. Proceso de Montaje actual. Fuente: Elaboración propia

Como se puede verificar en la Figura 18, el proceso de montaje de cintería actual funciona de una forma lineal, es decir, no se inicia una nueva actividad hasta no terminar la anterior esto hace que el tiempo de montaje se alargue ya que no se aprovechan los recursos tanto materiales como de personas; por ejemplo, mientras el supervisor entrega la orden de producción e inspecciona la materia prima los auxiliares de tejeduría, los tejedores y los mecánicos desaprovechan el tiempo en otras actividades que atrasan el proceso de montaje de la referencia solicitada.

La flexibilidad de un producto a otro está garantizada por un proceso de cambio que debe ser lo más eficiente posible para poder cumplir con los objetivos de productividad y demanda del cliente. El Intercambio de matrices de un solo minuto implica una metodología, ciertas técnicas y herramientas para realizar un Cambio más rápido y eficiente, que influye positivamente en la flexibilidad y la producción del producto. [3]

Tipo	Actividad	Tiempo (horas)	Porcentaje
Interna	Entrega OP	0,25	95%
Interna	Inspección de materia prima	0,5	
Interna	Picking	1	
Interna	Montaje urdido, trama, hilo auxiliar y elástico	1,67	
Interna	Preparación de telar para montaje y cambio de referencia	1	
Interna	Pase de hilos	12	
Interna	Poner laminillas y mallas	0,5	
Interna	Ajuste mecánico	4,0	
Externa	Ajuste mecánico	1	
Total		22	100%

Tabla 4. Tiempo de actividades actuales. Fuente: Elaboración propia.

El 95% de las actividades para realizar un montaje de cintas son internas, es decir, que se realizan con la máquina parada esto ocasiona ineficiencia en el proceso debido a genera costos que no son beneficiosos para la rentabilidad de la empresa, estos costos son por ejemplo el pago de arriendo del lugar, la mano de obra y la maquinaria que no se utiliza adecuadamente. De las 22 horas que se utilizan en el montaje solo una parte del proceso de ajuste mecánico se realiza cuando las máquinas están en funcionamiento, el procedimiento que se realiza de forma externa es la revisión superficial de las condiciones, es decir, medida del aceite para el buen funcionamiento, engrasar los rodillos de urdimbre y verificar la velocidad. Como propuesta e implementación del SMED, se trata de convertir la mayoría de las actividades internas en externas, aunque es un poco complicado ya que la mayoría de sus procedimientos se realizan con la máquina parada. Esto incluye los

objetivos del proyecto y la definición del calendario, la selección del equipo y el coordinador apropiados, la asignación de roles y responsabilidades específicas a cada miembro del equipo, la capacitación del equipo y el personal de la planta sobre la nueva metodología y los estándares de cambio. [12]

El SMED va más allá del objetivo tradicional de maximizar la capacidad, contribuyendo también a la rentabilidad y el valor de la organización [13]. Para implementar esta técnica se tienen en cuenta los siguientes pasos:

- Primer paso, las tareas de configuración realizadas por los operadores (tareas manuales) se separaron en la configuración interna / externa y se realizó una evaluación exhaustiva para identificar las oportunidades de convertir las tareas de configuración internas en tareas externas. [14]
- Segundo paso, esta etapa se puede considerar como un complemento del trabajo de los operadores, ya que, por iniciativa propia, desarrollan métodos y mejores prácticas para alcanzar las solicitudes de productividad y facilitar su propio trabajo. En ese punto, solo se consideraron las acciones / tareas que consideraron en realidad los cambios de rollo y / o la receta. [14]
- Tercer paso, en esta etapa se enfatizó la reingeniería de la configuración, centrándose en dos preguntas principales: ¿Son realmente necesarias las tareas de configuración realizadas actualmente?, Dado que el equipo tiene un gran impacto en la configuración, ¿pueden modificarse para reducir el tiempo de configuración? [14]

3.3.2. Etapa 3: Convertir actividades de externas en internas

Como se puede evidenciar en la figura 19, se propone a la empresa de Marquillas reunir actividades que se pueden realizar al mismo tiempo: la entrega de la OP, la inspección de la materia prima, el picking y montajes de urdidos como son actividades que realizan diferentes personas se puede ahorrar este tiempo mediante la unión de las mismas; mientras el supervisor entrega la OP un colaborador puede ir verificando la materia prima y a medida que se vaya verificando otra persona puede ir realizando el picking, adicionalmente como los urdidos por lo regular se realizan antes de iniciar el montaje un auxiliar de tejeduría puede ir montando los urdidos a la fileta propia o como sugerencia si no está vacía y como se puede evidenciar en la figura se puede implementar un a fileta móvil que tiene un costo en el mercado aproximado de \$9.000.000 pero que ahorraría mucho tiempo y también dinero en un futuro próximo. Otro aspecto que es muy relevante en esta unión es el paso de las actividades de internas a externas, se debe aprovechar el tiempo en el que se está terminando de tejer la referencia anterior para realizar estas actividades

También se pueden unir las siguientes actividades: preparación de telar, ensamble de fileta, pase de hilos y poner laminillas y mallas. Igual que en la unión anterior mientras dos auxiliares de tejeduría preparan el telar, otro puede ir ensamblando la fileta, el pase de hilo es responsabilidad de los tejedores y en seguida pueden ir poniendo las laminillas y mallas al tiempo. Esta asociación de actividades hace que el tiempo se vea gratamente reducido. Por último, el ajuste mecánico no se puede ejecutar completamente de manera externa ya que es necesario tener la máquina parada para poder realizar todos los arreglos necesarios para su buen funcionamiento. Pero se puede disminuir el tiempo asignado para los ajustes simplemente armando la cadena del diseño mientras termina la referencia anterior, esta actividad pasa de ser interna a ser externa.

Pasando una cantidad considerable de actividades internas a externas se puede evidenciar que el tiempo mejora a 16 horas, pero esto no es suficiente ya que sigue siendo un monto alto de tiempo invertido al solo montaje.

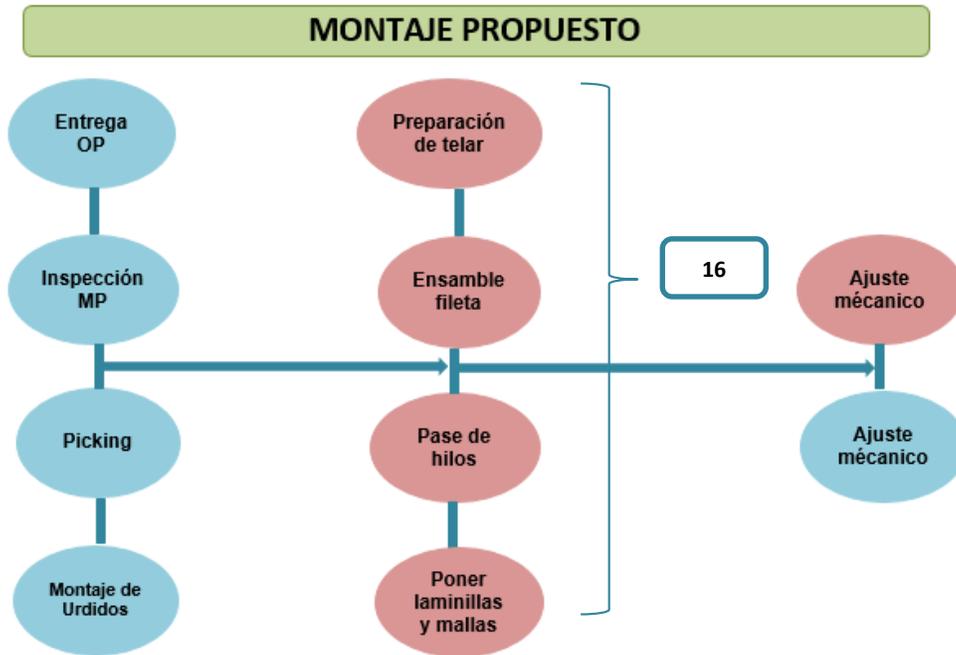


Figura 17. Proceso de Montaje propuesto. Fuente: Elaboración propia

SMED PROPUESTO SIN MEJORAS			
Tipo	Actividad	Tiempo (horas)	Porcentaje
Externa	Entrega OP	1,67	0%
Externa	Inspección de materia prima		
Externa	Picking		
Externa	Montaje urdido, trama, hilo auxiliar y elástico		
Interna	Preparación de telar para montaje y cambio de referencia	12	75%
Interna	Pase de hilos		
Interna	Ensamble fileta		
Interna	Poner laminillas y mallas	4,0	25%
Interna	Ajuste mecánico		
Externa	Ajuste mecánico	1	0%
Total		16	100%

Tabla 5. Tiempo de actividades con SMED propuesto. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Etapa 4: Mejoras adicionales

Se recomienda aplicar unas mejoras adicionales para disminuir el tiempo del proceso, estas mejoras son:

- En la inspección de materia prima, se sugiere que implementar una metodología desde el área de almacén. Un software o sistema en el que se pueda verificar más fácilmente la información y adicional rotular cada una de las cajas con la respectiva información. Esto evitaría reproceso por la materia prima equivocada que en varias ocasiones se ha presentado en la empresa.
- La fileta móvil mencionada anteriormente, aunque incurre a un gasto adicional este valor se puede ver saldado mediante el tiempo que se ahorra en el montaje. Además facilitaría el proceso de pase de hilos ya que los urdidos deben ser verificados y contar los hilos antes de montarlos a la fileta.
- El pase de hilos hasta el momento solo es responsabilidad de los tejedores expertos, pero se recomienda realizar capacitaciones sobre este tema para que los auxiliares de tejeduría les colaboren en el proceso. Adicional se sugiere contratar otro tejedor ya que como se manejan los tres turnos, normalmente el montaje de máquina quedaba parado en uno de ellos por falta del tejedor.

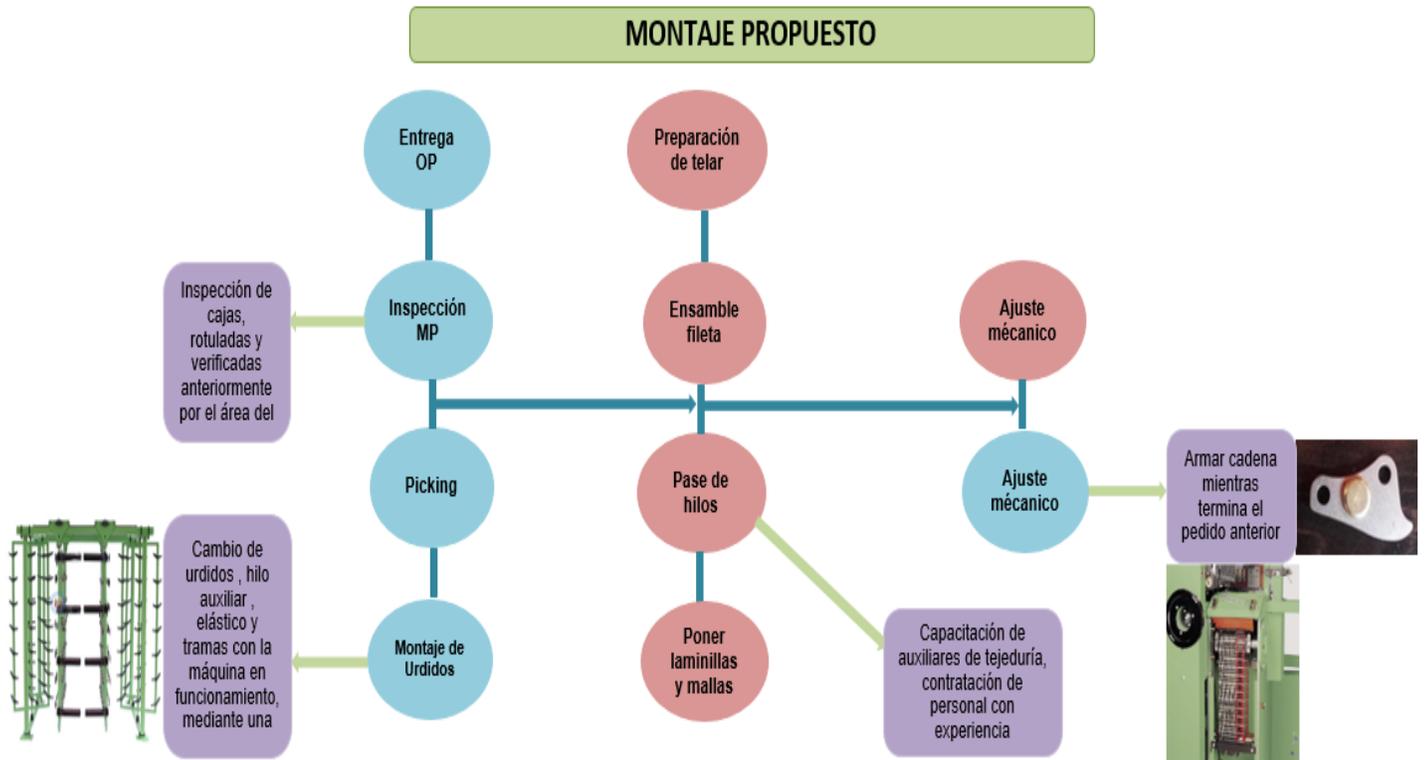


Figura 18. Proceso de Montaje propuesto con mejoras adicionales. Fuente: Elaboración propia.

SMED PROPUESTO CON MEJORAS			
Tipo	Actividad	Tiempo (horas)	Porcentaje
Externa	Entrega OP	1,67	0%
Externa	Inspección de materia prima		
Externa	Picking		
Externa	Montaje urdido, trama, hilo auxiliar y elástico		
Interna	Preparación de telar para montaje y cambio de referencia	7	70%
Interna	Ensamble fileta		
Interna	Pase de hilos		
Interna	Poner laminillas y mallas		
Externa	Ajuste mecánico	1	0%
Interna	Ajuste mecánico	3	30%
Total		10	100%

Tabla 6. Tiempo de actividades con SMED propuesto con mejoras adicionales. Fuente: Elaboración propia.

Con todas las mejoras realizadas se puede evidenciar una reducción del tiempo del montaje del 54,37% debido a que al final el montaje de una nueva referencia pasa de 22 horas a 10 horas realmente, las 2,67 horas de las actividades externas finalmente son un tiempo que se invierte pero que realmente pertenece a la referencia anterior.

3.3.4. Implementación del SMED - Paralelo para evidenciar el mejoramiento del proceso

	SMED Actual		SMED Propuesto		Dif. Ext
	Act. Int	Act. Ext	Act. Int	Act. Ext	
# Act	8	1	5	5	4
Tiempo-Horas	21	1	16	2,67	1,67
Tiempo-Hrs-Mejoras	21	1	10	2,67	1,67
Tiempo de ciclo	22		10		54,37%

Figura 21. Reducción del tiempo de montaje de cintería. Fuente: Elaboración propia

Esto nos lleva a mencionar el éxito que tiene la implementación del SMED. En otras empresas se ha logrado grandes mejorías también mediante su aplicación, por ejemplo, la técnica SMED se implementó con éxito porque el tiempo de configuración de la máquina en el proceso de inserción se redujo de 145 segundos a 54 segundos. Este estudio recomienda que el proceso de inserción se convierta de operación por lotes a operación de flujo continuo para reducir más desperdicios [2].

Adicional de las mejoras mencionadas se pueden evidenciar en el Anexo 1, metodologías para implementar en el proceso de cintería y listas de chequeo para el proceso de montaje; esto con el fin de llevar a cabo la etapa 5 del SMED que es de seguimiento y control.

4. Conclusiones

- En la empresa de marquillas, se puede evidenciar que con la implementación correcta de la metodología SMED, se logra una mejora significativa para el proceso de montaje, con la disminución del tiempo de cambio de referencia de 22 horas a 10 horas en promedio, lo cual representa un mejoramiento de la productividad del 54,37%.
- El SMED además de disminuir el tiempo de cambio de referencia logra incrementar la calidad de las cintas debido a las diferentes aplicaciones de mejora que se realiza al proceso con el cual se asegura las condiciones mínimas para el inicio de la máquina; adicional se garantiza el cumplimiento en la fecha de entrega de los pedidos a los clientes.
- Uno de los desperdicios que afecta más la productividad de la empresa son los tiempos muertos, con la contratación de personal calificado se disminuye este factor, por esto es tan importante la interacción con las demás áreas de la empresa en este caso Gestión Humana porque desde la contratación se puede garantizar el buen funcionamiento de los procesos.
- Con la aplicación de la técnica SMED en el área de cintería se lograría una disminución muy alta en el tiempo implementado por el montaje de una nueva referencia, aunque podría ser mayor si se implementarán otras estrategias de mejora como Lean Manufacturing que no solo perfeccionaría el montaje sino también el proceso general de producción de cintas.
- Se recomienda a la empresa conformar el área de planeación; es de vital importancia realizar el análisis de la producción, establecimiento de objetivos, crear estrategias para el cumplimiento y ejecutar planes de mejora antes de iniciar la producción de una nueva orden.
- Se debe investigar la viabilidad económica de las propuestas planteadas para el área de cintería, debido a que se podría incurrir en gastos que la empresa no tiene presupuestados actualmente pero que en realidad al final aumentaría las ganancias de la empresa.
- Las diferentes metodologías para mejorar los procesos en las empresas son herramientas muy importantes utilizadas por los ingenieros industriales, la técnica del SMED es una de las que tiene mayor aplicación en el mundo laboral debido a la importancia del recurso del tiempo en las organizaciones.
- Algunas herramientas utilizadas en la metodología SMED son, utilización de cronómetro, curso grama, planilla de levamiento del proceso y máquina, planilla de análisis y mejora, diagrama de

Pareto, análisis de bases de datos, histogramas, diagrama del proceso de operación y Benchmarking entre otros.

- Los conocimientos adquiridos en el transcurso de mi formación académica van a ser trascendentales en un futuro en el ámbito laboral, este tipo de análisis ayudan a acercarnos y entender un poco más los procesos industriales.
- La realización de este artículo nos ayuda a entender más fácilmente los conceptos técnicos por las diferentes metodologías implementadas; adicional la consecución, recolección y análisis de la información nos aproxima hacia la realidad de las organizaciones.

5. Tabla de Anexos o Apéndices

Tabla 1. Documentos adicionales incluidos con el proyecto de grado.

Nombre	Desarrollo (propio/terceros)	Tipo de Archivo	Enlace google drive (https://goo.gl/)
ANEXO 1	Autoría propia	Excel	https://drive.google.com/file/d/13TgT203Wu_BdphM64u1jOsJSiVyEDHWY/view?usp=sharing

Referencias

- [1] C. E. M. Álvarez, *Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales*, LIMUSA. .
- [2] A. Azizi and T. a/p Manoharan, “Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time Using SMED-A Case Study,” *Procedia Manuf.*, vol. 2, no. February, pp. 153–158, 2015.
- [3] A. A. Karam, M. Liviu, V. Cristina, and H. Radu, “The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project,” *Procedia Manuf.*, vol. 22, pp. 886–892, 2018.
- [4] S. Chumbile, “Optimización del proceso productivo en una tejeduría de punto, por medio de la estandarización de procedimientos,” 2011.
- [5] U. Dombrowski, D. Ebentreich, and P. Krenkel, “Impact Analyses of Lean Production Systems,” *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 607–612, 2016.
- [6] SENA, “Máquinas circulares.”
- [7] Müller, “Máquina para tejer cintas NF.”
- [8] Z. E. Gungor and S. Evans, “Eco-effective changeovers; changing a burden into a manufacturing capability,” *Procedia CIRP*, vol. 26, pp. 527–532, 2015.
- [9] J. Vicente and A. Felipe, “Manual control de calidad en productos textiles y afines,” p. 301, 2015.
- [10] B. López Ortega, “Aplicación del SMED para la solución de problemas en el proceso de fabricación por termocompresión,” 2007.
- [11] M. Brito, A. L. Ramos, P. Carneiro, and M. A. Gonçalves, “Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1112–1119, 2017.
- [12] P. G. Ferradás and K. Salonitis, “Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells,” *Procedia CIRP*, vol. 7, pp. 598–603, 2013.
- [13] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, R. Gouveia, and R. P. Silva, “Applying SMED methodology in cork stoppers production,” *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 611–622, 2018.
- [14] M. Martins, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, “A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry,” *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 647–654, 2018.