

Combined model of SLP and TPM for the improvement of production efficiency in a MYPE of the Peruvian textile sector

Hugo Quispe-Roncal¹, Masaru Takahashi-Gutierrez¹, Edgardo Carvallo-Munar, Mg¹, Iliana Macassi-Jauregui, MBA¹ and Luis Cardenas-Rengifo, Eng²

¹Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, u201614452@upc.edu.pe, u201319876@upc.edu.pe, edgardo.carvallo@upc.edu.pe y pcadlmac@upc.edu.pe

²Dirección de Investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, luis.cardenas@upc.pe

Abstract--The textile and clothing sector is one of the most important sectors in the Peruvian economy. Denim or also called Jean is one of the most representative and consumed products. A key factor for a denim garment to be accepted in the market is the quality regarding the hardness, resistance and pigmentation of the garment, characteristics that are developed in the washing and dyeing process, which makes this process of great importance in the elaboration of this garment. Most of the companies in this area have problems in this specific process. Therefore, it is proposed to reinforce and improve the practices of the washing and dyeing process, based on the use of TPM and combine it with SLP, resulting in a model. As a result of the use of this combined model, an increase of 16.17% on average of the overall efficiency of the machines and a reduction of the travel time of 13.09% on average was obtained

Keywords-- Keywords-- Production efficiency, Total Productive Maintenance, Autonomous Maintenance, Textile sector, Systematic layout Planning.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.322>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Modelo combinado de SLP y TPM para la mejora de la eficiencia de producción en una MYPE del sector textil confecciones peruano

Hugo Quispe-Roncal¹, Masaru Takahashi-Gutierrez¹, Edgardo Carvallo-Munar, Mg¹, Iliana Macassi-Jauregui, MBA¹ and Luis Cardenas-Rengifo, Eng²

¹Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, u201614452@upc.edu.pe, u201319876@upc.edu.pe, edgardo.carvallo@upc.edu.pe y pcadlmac@upc.edu.pe

²Dirección de Investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, luis.cardenas@upc.edu.pe

Resumen– El sector textil y confecciones es uno de los sectores más importante en la economía peruana. Denim o también llamado Jean es uno de los productos más representativos y consumidos. Un factor clave para que una prenda denim pueda ser aceptada en el mercado es la calidad respecto a la dureza, resistencia y pigmentación de la prenda, características que se desarrollan en el proceso de lavado y teñido, lo que hace que este proceso tenga gran importancia en la elaboración de esta prenda. Gran parte de las empresas de este rubro presentan problemas en este proceso en específico. Por ello se plantea reforzar y mejorar las prácticas del proceso de lavado y teñido, teniendo como base el uso TPM y combinarla con SLP, dando como resultado un modelo. Como resultado del uso de este modelo combinado se obtuvo, un aumento del 16,17% en promedio de la eficiencia general de las máquinas y una reducción del tiempo de recorrido de 13,09% en promedio.

Keywords– Eficiencia de producción, Mantenimiento Total Productivo, Mantenimiento Autónomo, Sector textil, Planeamiento sistemático de distribución de planta.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú el sector textil confecciones es uno de los motores de crecimiento en la economía nacional, sus diversos productos son conocidos por la calidad de su algodón en toda Latinoamérica y en gran parte del resto del mundo.

Dentro del sector textil confecciones el producto más representativo y consumido es el denim o también llamado Jean no solo a nivel nacional sino en todas partes del mundo. Se sabe que la venta de denims reporta más de ocho billones de dólares cada año a nivel mundial [1]. Una prenda denim se caracteriza por muchas variables, pero sobresalen 2 principalmente, el diseño y la calidad del teñido, siendo esta última un factor determinante que llama la atención de los compradores, tanto a nivel nacional como internacional [2]. La calidad de esta variable en la prenda se determina en el proceso de lavado y teñido, siendo este uno de los procesos más importantes en toda organización que se dedique a la elaboración de este producto. Sin embargo, el 95.4% de las empresas dedicadas a la elaboración de prendas son MYPEs las cuales se caracterizan por bajos niveles de productividad y eficiencia en la producción. Debido a que por sus propias característica las MYPEs no priorizan el cuidado de sus

maquinarias, lo que hace que estas se desgasten rápidamente, presentando fallas continuas en el proceso de producción, de igual manera, la falta de un control de las actividades y espacios, facilita que existan tareas que no agregan valor, generando que la eficiencia de producción se vea impactada. Según el IEES [3] (instituto de estudios económicos y sociales) estas presentaron una caída del 24.8% de sus producciones en los últimos años. Actualmente la eficiencia de producción a nivel nacional en el Perú de este sector es en promedio 75.2%, mientras que a nivel mundial es en promedio 80% por lo que podemos deducir que Perú está por debajo del promedio. Lo que ha ocasionado que las importaciones de estas prendas vayan en aumento en los últimos años para poder cubrir la demanda del mercado siendo los principales proveedores China con un 53%, la India con 12% y Estados Unidos con un 9% del total, estas importaciones son de bajo costo, lo que trae como consecuencia la pérdida de presencia de la industria nacional en el mercado local [4]. Es necesario e importante solucionar el problema de la eficiencia de la producción que atraviesan la gran mayoría de las microempresas de textil-confecciones para poder competir en el mercado internacional y aumentar la economía del sector, ya que esta tiene una proyección de crecimiento del 10% para el 2020[5].

En diferentes partes del mundo, se han planteado diversas técnicas para poder dar solución a la baja eficiencia de producción en este tipo de empresas y otras de diferente rubro que presenten el mismo problema, en general estas técnicas al aplicarse de manera aislada se enfocan en un solo factor, ya sea la máquina, en el caso del TPM (Total Production Maintenance), o en el operario, en el caso del SLP (Systematic Layout Planning). Estas herramientas han logrado buenos resultados, sin embargo, si se quiere mejorar un proceso que involucre tanto operarios como máquinas, es necesario pensar en el uso de una metodología combinada en la que se tenga una visión integral de estos dos factores.

Por ello en este artículo, se plantea un modelo que está constituido por la combinación de técnicas SLP y TPM que pueda lograr aumentar la eficiencia de producción en el sector textil confecciones peruano.

II. ESTADO DEL ARTE

A. *Modelo de aumento de eficiencia de producción en el rubro de confección textil*

El sector-textil confecciones en los últimos años está atravesando por cambios debido a la globalización y variaciones en las preferencias de los clientes ya sea por prendas de mayor calidad o gustos relacionados a modelos de últimos diseños de moda. Es por ello que las industrias hoy en día deben cumplir con los requisitos mencionados en el tiempo establecido, cosa que en los últimos años se ha visto afectada por la disminución de la eficiencia de producción. El principal problema que presentan estas empresas son la falta de mantenimiento y la deficiencia en los procesos de producción debido a que cada año se vuelve más complejos mantener los estándares si no estás en constante mejora [6], lo que conlleva a que un mal ambiente de trabajo genera retrasos en los procesos productivos [7]. Adicional a ello otros problemas que presentan el sector son fallas de máquinas [8], tiempos muerto o paradas inesperadas [9]. Finalmente, en la actualidad existen varias técnicas que ayudan a eliminar los problemas mencionados pero la mayoría ataca problemas específicos y no se enfocan en todo sistema de la empresa. Las técnicas más resaltantes y de mayor resultado utilizadas para eliminar problemas de baja eficiencia de producción son las herramientas del mantenimiento para poder aumentar la capacidad de los procesos y reducir los fallos relacionados a las máquinas [6] y la redistribución de planta [10] para reducir tiempos improductivos por parte del personal.

Implementar un plan de mantenimiento ayuda no solo a reducir costos relacionados a las fallas de las máquinas sino también reduce la cantidad de merma y mejora el rendimiento de producción [11].

B. *TPM*

Total Production Maintenance resuelve directamente los problemas relacionados al rendimiento de producción ya que permite compromiso y planificación adecuada atacando indicadores de rendimiento [3]. Para hacer uso de la metodología TPM dentro de una organización, se debe iniciar por el pilar de mejora enfocada, la herramienta más utilizada dentro de este pilar es el FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) [4], debido a que es el método más efectivo para identificar, clasificar, analizar fallas y evaluar riesgos [5]. Esta herramienta preventiva, identifica y da prioridad a esos fallos que tienen el mayor impacto para poder gestionar su solución de acuerdo a la criticidad, [6], [7]. El mantenimiento planificado ayuda a establecer un plan adecuado para cada tipo de organización con el fin de reducir el tiempo de mantenimiento en horas de producción, evitando la interrupción del proceso productivo [8], este pilar se enfoca únicamente en la gestión de máquinas, la reducción de mantenimientos correctivos y gastos adicionales por fallos inesperados [9]. Adicionalmente el pilar de mantenimiento autónomo también ayuda a mejorar la eficiencia de producción

y en paralelo con el mantenimiento planificado pueden reducir fallos de máquina y tiempos imprevistos por fallas en las máquinas, concientiza al operario del cuidado de su máquina de trabajo y aumenta el compromiso de trabajo por parte del operario con sus labores [10], [11]. Estos 3 primeros pilares muestran resultados en el corto plazo y el costo de su implementación es menor en comparación a la implementación de los 8 pilares TPM [12]. Esta metodología en sus 3 primeros pilares logra buenos resultados, pero se enfoca solo en la variable de las máquinas, obviando otras variables que pueden influir en el proceso de producción. [13]

En conclusión, con la implementación de la metodología TPM se pudo lograr aumentar la producción en un promedio de 20% en todos los casos revisados, adicionalmente se obtuvo como resultado que el OEE (Eficiencia global de equipos) de las máquinas aumento en promedio un 15. %.

C. *SLP*

La técnica del Systematic Layout Planning es la más usada en el mundo para la resolución de problemas de distribución de planta, el cual utiliza criterios cuantitativos para plantear la distribución de planta con el fin de aumentar el nivel de productividad y reducir costos. Esta herramienta es útil para proponer diferentes tipos de diseños teniendo como base el recorrido de los trabajadores, lo cual impacta directamente en la eficiencia de producción, también aumenta la productividad del proceso en análisis [14]. Implementar la técnica en estudio sirve para reducir los esfuerzos realizados en los operarios del proceso de producción reduciendo el manejo de material [15]. El uso de esta herramienta permite aumentar la eficiencia de producción, reduciendo el tiempo de viaje de los operarios en un 30% en promedio según los casos estudiados [15], [16].

Cuando se requiere dar respuesta a un problema de eficiencia de producción en una organización, se tiende a enfocar la solución en una sola variable ya sea en las máquinas o en las personas.

Teniendo como base las investigaciones realizadas y sus análisis, existe la necesidad de una propuesta integral que permita unificar los 2 grandes factores de un proceso de producción, máquinas y operarios para poder dar solución a un problema de eficiencia de producción.

III. APORTE

A. *Fundamento*

Habiendo realizado un análisis de cada caso estudiado en la sección del estado de arte, se tomaron los casos de éxitos más representativos a nivel internacional, para poder hacer una comparación entre las herramientas y metodologías utilizadas y sus beneficios en cada organización para dar solución al problema de la baja eficiencia de producción. Esto sirvió como base para definir el modelo de mejora y sus componentes. Como se puede observar en la tabla anterior, tanto el mantenimiento autónomo como el planificado, ambas

pertenecientes a la metodología TPM, tienen gran importancia, cuando se habla de dar solución a la problemática de la baja eficiencia de producción, es por ello por lo que se tomara esta metodología como base de la nueva propuesta de solución, sin embargo, esta metodología involucra 8 pilares en total, de los cuales no todos se ajustan a la realidad y necesidades de una empresa MYPE del sector en estudio, por ello se plantea utilizar, solo los 3 primeros pilares: Mejora enfocada, para la cual se hará uso de la herramienta FMEA, Mantenimiento Planificado y Mantenimiento Autónomo debido a que su desarrollo implica una menor inversión de capital y se puede registrar cambios en el corto plazo, estos 3 primeros pilares se enfocan netamente en la gestión de las máquinas, sin embargo para asegurar un incremento en la eficiencia de producción, teniendo como segunda variable la gestión de la fuerza laboral, se complementó esta herramienta con la metodología SLP, dando como resultado un modelo combinado que se puede observar en la Fig. 1, el cual involucra tanto la variable de las máquinas y la variable de la fuerza laboral, dando así una solución integral al problema.

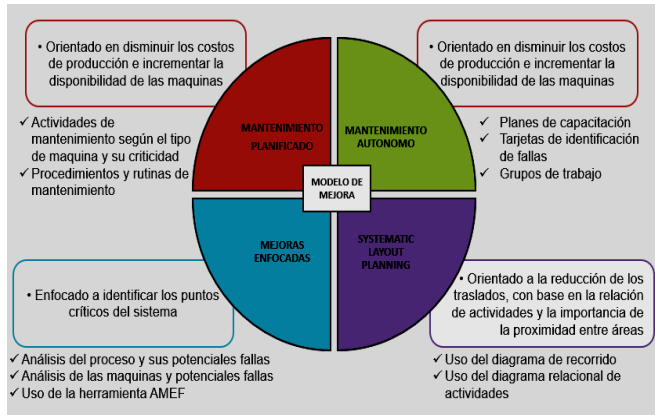


Fig. 1 Modelo propuesto

La propuesta se basa en un modelo de mejora constituido por la combinación de técnicas TPM y SLP para lograr aumentar la eficiencia de producción de una MYPE en el sector textil confecciones. Se toma como base la metodología TPM y se la complementa con la herramienta SLP para poder dar una solución integral al problema.

Para la metodología TPM se hace uso del análisis de modo y efecto de falla (FMEA o AMEF), como parte del pilar de Mejora Enfocada, para poder detectar las partes y máquinas críticas del proceso, con el fin de analizar su funcionamiento y entender cuáles son sus potenciales fallos, seguidamente se realiza un plan de mantenimiento planificado, para poder aumentar la disponibilidad de las máquinas y obtener un flujo de producción continuo, finalmente se hace uso del mantenimiento autónomo para poder involucrar al operario en la realización de actividades básicas del cuidado de la maquinaria con el fin de asegurar la gestión de mantenimiento dentro de la organización.

En el caso de la metodología SLP, esta tiene como fin determinar el flujo de materiales y organizar el proceso de manera racional permitiendo identificar y eliminar actividades que no generan valor en las operaciones, además de poder visualizar todos los elementos involucrados en el proceso y las relaciones existentes entre ellos.

B. Componentes

Continuación se detalla los componentes del modelo propuesto y finalmente se explica cómo se lleva a cabo la propuesta de mejora:

1) *Mejoras Enfocadas:* Este pilar permitió el reconocimiento de los puntos críticos y fallas potenciales dentro del proceso productivo y/o máquina, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas, haciendo uso de medidas correctivas y preventivas. Para desarrollar este pilar se hizo uso de la herramienta de análisis, modo y efecto de falla (AMEF), el cual permitirá identificar los puntos críticos del sistema y las máquinas en el proceso de lavado y teñido, para ello se realizaron reuniones para identificar las principales fallas y evaluarlas según su severidad, ocurrencia y la detección en el proceso, mediante una escala previamente establecida, la multiplicación de estas variables da como resultado el número prioritario de riesgo NPR, en base a los valores más altos de esta variable se estableció el plan de mantenimiento planificado.

2) *Mantenimiento Planificado:* El segundo pilar que se muestra en la Fig.2, ayuda a mejorar de forma incremental y sostenible es la disponibilidad de los equipos reduciendo las averías presentes, a través de acciones de mejora, mediante rutinas preventivas periódicas. Una vez identificado los puntos críticos del sistema y de las máquinas con la técnica anterior, se desarrolló un plan de mantenimiento en base a las maquinarias críticas y sus componentes, este será un proceso estandarizado para cada tipo de máquina, el cual ataca los problemas de limpieza, ajustes, cambios de piezas, lubricaciones y reparaciones, lo que ayudará a conservar los equipos en buenas condiciones, para ello se realizaron procedimientos y formatos según el tipo de máquina y el tiempo de revisión, ya sea semestral o bianual, que ayudaron a planificar las actividades de mantenimiento preventivo rutinarias para que sean eficientes para cada tipo de máquina.

3) *Mantenimiento Autónomo:* Finalmente, el mantenimiento autónomo aumentó la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento mediante inspecciones periódicas. Teniendo identificadas las posibles fallas en las máquinas con la herramienta FMEA y las rutinas de mantenimientos preventivos, se estructuró un plan de capacitación que ayudó a que el personal conociera su equipo y su funcionamiento, adicionalmente se crearon rutinas diarias que ayudaron a los operarios a estar comprometidos con el cuidado de las máquinas, las rutinas involucran actividades de limpieza y pequeñas tareas de mantenimiento para asegurar la confiabilidad de la máquina. También se hizo uso de tarjetas de identificación de fallas las cuales facilitaron

la detección, clasificación y corrección de las posibles averías durante las rutinas autónomas diarias, las cuales son revisadas por el técnico de mantenimiento para su respectiva inspección.

Este componente del modelo será medido con 3 indicadores, los cuales son la Eficiencia general de las maquinas (OEE), Tiempo medio de reparación (MTTR) y el Tiempo medio entre falla (MTBF).

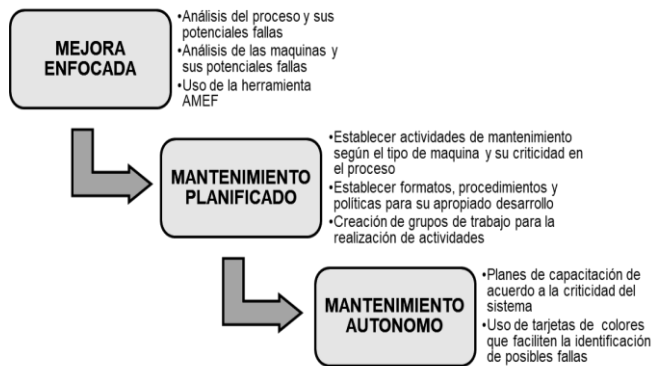


Fig. 2 Estructura del componente TPM

4) *Planificación sistemática del diseño:* Esta metodología reúne las ventajas de las aproximaciones y las incorpora con el flujo de los materiales, lo que genera un organizado proceso que permite identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en el proceso y las relaciones existentes entre ellos [10]. Para comenzar el rediseño de planta se atacó a las actividades que no agregaban valor a la operación de lavado. El objetivo es optimizar los traslados y tiempos en la línea de lavado de tal manera que aumente el nivel de eficiencia de la planta. Para la aplicación de este componente del modelo se siguió los pasos de la Fig. 3. Este componente será medido con dos indicadores propios de la herramienta, los cuales son el nivel del esfuerzo y el tiempo de traslado.

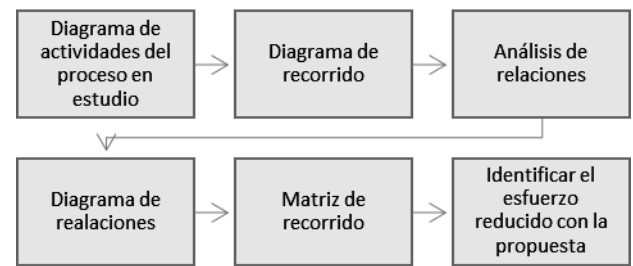


Fig. 3 Diseño SLP

C. Proceso

En la Fig. 4 se presenta el proceso de cómo desarrollar cada uno de los componentes del modelo propuesto.

C. Indicadores

Para poder medir los resultados del desarrollo del modelo propuesto, así como de cada componente de este y la evolución de la organización en el tiempo, se hará uso de indicadores, siendo estos los siguientes:

1) *Tiempo medio entre fallas (MTBF):* Es el tiempo promedio que una máquina opera sin interrupción debido a una falla funcional. Para hallar el tiempo medio entre fallas se realiza la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{TTO}{N^{\circ}F} \quad (1)$$

Donde:

TTO: Tiempo total de operación en el periodo

N°F=Número total de fallas

Las unidades de este indicador se miden en horas.

2) *Tiempo medio para el fallo (MTTR):* Es el tiempo promedio real utilizado para la restauración de la máquina, este indicador incluye tiempos para analizar y diagnosticar el problema, tiempo de arreglo, etc. Las unidades de este indicador siempre son medidas en horas. Tiene la siguiente formula:

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Total de tiempo de parada}}{\Sigma \text{Total de ocurrencias}} \quad (2)$$

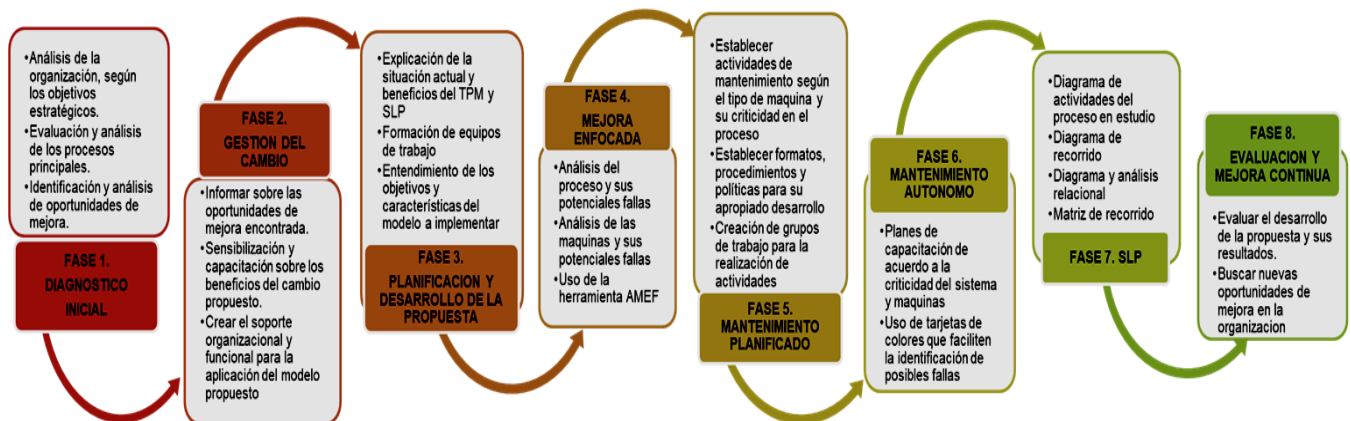


Fig. 4 Fases del modelo

3) *Eficiencia global de equipos (OEE)*: Es un indicador que representa la capacidad real para producir sin defectos, además es una herramienta integral de evaluación comparativa, esto quiere decir que puede ser utilizada para evaluar los diferentes componentes del proceso de producción, los cuales son disponibilidad, eficiencia y calidad. Para calcular el OEE se utiliza la siguiente formula:

$$OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad \quad (3)$$

4) *Productividad en base al esfuerzo*: Permite evaluar la mejora de la productividad entre la situación actual y la propuesta donde están involucrados la cantidad de esfuerzo que se realizó para la actividad. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta Pr = \frac{Esfuerzo_{actual} - Esfuerzo_{propuesto}}{Esfuerzo_{propuesto}} \times 100 \quad (4)$$

5) *Tiempo de traslado*: Este indicador permite evaluar la variación del tiempo de traslado para el desarrollo de la actividad examinada, el objetivo es que este indicador vaya en aumento, ya que muestra cuanto tiempo se está ahorrando en el traslado del operario, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta Tt = \frac{Tiempo_{actual} - Tiempo_{propuesto}}{Tiempo_{propuesto}} \times 100 \quad (5)$$

III. VALIDACION

Se realizó la validación de la metodología combinada mediante pruebas pilotos en el proceso de lavado y teñido, específicamente en los subprocesos de lavado, centrifugado y secado. El periodo abarcado fue de 3 meses en total, tanto la metodología TPM y la metodología SLP se pilotearon de manera simultánea en ese rango de tiempo.

Durante los últimos años la empresa en estudio estuvo incurriendo en sobre costos de producción, principalmente debido a que, para poder cumplir con su pedido en la cantidad y tiempo pactado, hacía uso de la tercerización, se recurría a este servicio por la baja eficiencia del proceso de lavado y teñido, el cual era de 69.89%, siendo el promedio a nivel nacional 75.2% para este sector económico. Este problema se originaba principalmente por los siguientes motivos: la presencia de tiempos improductivos, causada por un deficiente diseño, para poder hacer un análisis de esta causa se utilizó los pasos del SLP para poder cuantificar los traslados incensarios que ocasionan la baja eficiencia de producción, se realizó un Diagrama de Recorrido y un Diagrama de actividades del proceso, adicionalmente se hizo un análisis de relaciones de actividades, las cuales respecto al criterio de cercanía se podrá identificar qué áreas sería recomendable mover o eliminar y se midió las distancias de cada área para definir los principales traslados incensarios que se realizará en el proceso de lavado por lo que se propuso eliminar la mesa de materia prima y redistribuir el estante de los insumos de lavado para eliminar recorridos innecesarios. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el análisis:

TABLA I
RESUMEN DEL ANÁLISIS SLP

Indicador	Resultado
Tiempo promedio de recorrido (seg)	1832.34
Distancia promedio de recorrido (m)	182.13
Esfuerzo del traslado (Kg – m)	3551.50

En la Fig. 5 se muestra el diagrama de recorrido del proceso antes de la propuesta de mejora.

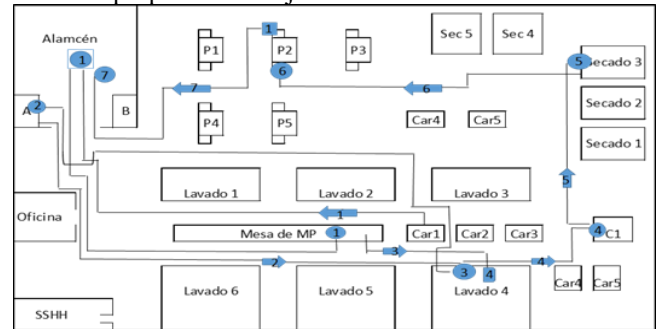


Fig. 5 Diagrama de recorrido analizado

Por otro lado, se tenía el motivo de las paradas inesperadas de las maquinas, causada en su gran mayoría por la ausencia de un plan de mantenimiento lo que ocasionaba fallas propias de la máquina, debido a que se tenía que ajustar una pieza de la máquina de lavado debido a su desgaste, o la obstrucción de las mangueras de abastecimiento de agua, debido al acumulamiento de residuos, entre otras. También la presencia del error humano en la operación, donde los operarios no calibraban bien las máquinas, esto podía ser debido a que introducían una cantidad mayor a la capacidad máxima en la lavadora lo que ocasionaba que el tambor produjera sonidos no adecuados, la faja se saliera del eje de giro motivo por el cual el técnico tenía que hacer el reajuste de las piezas necesarias lo cual implicaba un tiempo extra. Finalmente, también se detectó el uso de repuestos inadecuados y de baja calidad donde las maquinas tuvieron que detenerse debido a que alguna pieza se rompió o presento una falla. Para poder cuantificar este motivo y ver su impacto en el problema principal, se utilizaron indicadores de eficiencia general de los de principales equipos, a continuación, se muestran los resultados obtenidos en el análisis teniendo en consideración los intervalos establecidos a nivel mundial para este indicador:

TABLA II
INTERVALOS DEL INDICADOR OEE

OEE	CLASIFICACION
OEE < 65%	INACEPTABLE
65% < OEE < 75%	REGULAR
75% < OEE < 85%	ACEPTABLE
85% < OEE < 95%	BUENA
OEE > 95%	EXCELENTE

A) Aplicación del componente SLP

Para este componente después de realizar el análisis con la herramienta SLP se propuso un nuevo recorrido para eliminar los traslados innecesarios, el nuevo recorrido se puede ver en la Fig. 6. En base al nuevo diagrama propuesto se calculó el nuevo recorrido y la cantidad de esfuerzo requerido los cuales se muestran a continuación:

TABLA III

COMPARATIVO DE RECORRIDO Y ESFUERZO

Criterio	Actual	Propuesto
Recorrido (m)	5463.75	4758.75
Esfuerzo (Kg-m)	3551.44	3093.19

Como se puede observar la propuesta representaba un impacto de mejora de la eficiencia en 14.81% respecto al esfuerzo analizado.

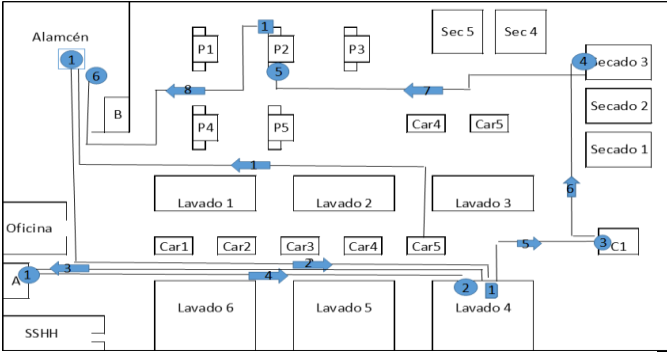


Fig. 6 Modelo Integrado Sostenible

B) Aplicación del componente TPM

Para el componente TPM en primer lugar se establecieron equipos de trabajo dentro de la organización, involucrando al mando alto, intermedio y la fuerza laboral en general, seguidamente se trabajó la sensibilización, entrenamiento y capacitación sobre la metodología TPM. Para la aplicación del pilar de Mejora Enfocada se hizo uso de la herramienta de análisis, modo y efecto de falla (FMEA), el cual permitirá identificar los puntos críticos del sistema y las maquinas en el proceso de lavado y teñido. Se obtuvo como resultado del análisis que los sub procesos de lavado y centrifugado son los más críticos en el proceso de lavado y teñido. Adicionalmente se aplicó la herramienta para el análisis de las maquinas donde se obtuvo que las lavadoras, la centrifugadora tienen un alto grado de criticidad y en un menor grado la secadora. A continuación, se muestra la Tabla IV se muestra el resumen de resultados obtenidos con esta herramienta.

Seguidamente para el pilar de Mantenimiento Planificado se hizo un estudio de cada manual según el tipo de máquina, a esta información se le añadió los resultados obtenidos del FMEA y se establecieron medidas correctivas que forman parte del plan de mantenimiento. Se determinó que el plan de mantenimiento sea un proceso estandarizado para cada tipo de máquina, el cual ataca los problemas de limpieza, ajustes, cambios de piezas, lubricaciones y reparaciones, que ayudaron a la buena conservación de los equipos. Las actividades del

mantenimiento planificado fueron llevadas a cabo exclusivamente por el área de mantenimiento por el nivel de conocimiento y tecnicismo que se requiere, estas se dividieron en 2 intervalos de tiempo: semestral y bianual, cada una con actividades necesarias para cada intervalo de tiempo, estas se llevaran en un máximo de 2 días por cada máquina, por ello se realizó una programación de estas actividades.

Para el detalle del desarrollo de las actividades de mantenimiento según el tipo de máquina y periodicidad se establecieron manuales de procedimientos y fichas de rutina de mantenimiento, que están divididas por tipo de máquina y periodicidad de revisión, las cuales servirán como guía y registró en el proceso de mantenimiento.

TABLA IV

RESULTADO USO FMEA

Maquinas	Modos de falla potencia	NPR (Promedio)	Medida Correctiva
Lavadora	Rotura de correa	603.2	Cambio semestral
	Rotura del amortiguador	444.00	Revisión semestral
	Apagado del motor	506.33	Cambio cada 2 años
Centrifugadora	Rotura del amortiguador	474.70	Revisión diaria del nivel
	Desacomodo del balanceador	480.60	Revisión diaria dl nivel
	Apagado del motor	448.00	Revisión semestral
Secadora	Saturación del filtro de pelusas	405.00	Revisión diaria
	Desgaste del refrigerante	81.00	No aplica

Finalmente, para el pilar de Mantenimiento Autónomo se realizaron charlas de sensibilización al personal de producción, donde el técnico de mantenimiento guie, supervise, adiestre y corrija las labores básicas como la lubricación, ajuste de piezas, limpieza y cuidado de máquina.

Luego de haber concluido las capacitaciones los operarios estarán listos para que ellos mismos identifiquen las posibles nuevas fallas, estas se clasificaran e identificaran con tarjetas de colores (de acuerdo con la criticidad detectada) con el objetivo de reducir el tiempo de identificación en las posibles averías. De igual manera para el detalle del desarrollo de las actividades de mantenimiento según el tipo de máquina se establecieron manuales de procedimientos y fichas de rutina de mantenimiento, que están divididas por tipo de máquina, las cuales servirán como guía y registró en el proceso de mantenimiento autónomo.

En la Tabla V, muestra que se produjo una mejora en promedio de 3.37% en la eficiencia de la producción y de una reducción en promedio del 13,03% de recorrido desde el

almacén hasta el área de lavado, también se determinó la variación del esfuerzo que represente una reducción en un 9.04%.

IV. DISCUSIÓN

Como se mencionó anteriormente la prueba piloto se desarrolló durante 3 meses (junio, julio y agosto), teniendo un escenario diferente en cada uno de estos meses. Cada mes analizado y evaluado se tomará como un caso de estudio individual con el fin de poder ver la evolución del desarrollo de la propuesta en cada uno de estos escenarios. A continuación, se hace una descripción de cada escenario.

TABLA V
RESULTADO INDICADORES

Indicador	Valor Inicial	Valor Promedio	Variación
Eficiencia de producción	69.89%	73.26%	+ 3.37%
OEE promedio de las máquinas	68.21%	80.26%	+ 12.05%
Tiempo medio de reparación (hrs)	20.75	10.40	- 49.87%
Tiempo medio entre fallos (hrs)	149.95	129.97	-13.32%
Tiempo de recorrido (Seg)	1832.34	1593.57	- 13.03%
Esfuerzo (Kg-m)	3551.44	3230.40	- 9,04%

A) Escenario 1: mes junio

Durante el primer mes de la prueba piloto se realizaron las primeras rutinas de mantenimiento planificado, en donde el técnico de mantenimiento hizo el cambio de gran parte de piezas críticas en las maquinas lavadoras, centrifugadoras y secadoras que presentaban un gran desgaste por su uso continuo, para ello se siguió el plan de mantenimiento semestral, por lo que este cambio de piezas duro todo el mes de Junio, de forma paralela los fines de semana los operarios tuvieron sus primeras charlas de capacitación sobre temas relacionados a la rotura de las piezas de las máquinas de lavado y la rotura del amortiguador y de la placa interna de la máquina. Es necesario mencionar que para ese momento los operarios no hacían un uso correcto de las tarjetas de identificación de fallas, por lo que el técnico de mantenimiento tenía que realizar una revisión constante de estas y hacer las observaciones necesarias. Por otro lado, los operarios se iban acostumbrando al nuevo recorrido de la nueva distribución del almacén de insumos propuesto.

B) Escenario 2: mes julio

Durante el segundo mes de la prueba a piloto las primeras rutinas de mantenimiento planificado semestral habían concluido por lo que las máquinas de lavado, centrifugado y secado disponían de una mayor disponibilidad y la

probabilidad de falla era mínima. Por otro lado, se continuaron las charlas de capacitación para el mantenimiento autónomo, los temas de las charlas se enfocaron en el apagado repentino de las máquinas y el desnivel en el balance de la máquina de centrifugado, adicionalmente se realizaron algunas actualizaciones a las tarjetas de identificación de fallas para una mayor comodidad de los operarios, durante el segundo mes, el uso de estas tarjetas se hizo más frecuente. En cuanto al nuevo recorrido propuesto en el mes anterior, los colaboradores ya habían adoptado el nuevo recorrido como parte del proceso.

C) Escenario 3: mes agosto

Durante el tercer mes de la prueba piloto las rutinas de mantenimiento autónomo fueron bien aceptadas y las actividades se desarrollaron diariamente de manera consciente por parte de los operarios, y con la ayuda del técnico de mantenimiento se reforzaron las buenas prácticas, por otro lado, el nuevo recorrido del proceso fue totalmente aceptado y para este periodo de tiempo ya forma parte de las actividades diarias del colaborador.

En la Tabla VI, se presentan los resultados obtenidos en cada escenario analizado durante la prueba piloto.

Como se puede observar en el cuadro anterior, en el primer escenario el indicador de la eficiencia de producción presente una variación pequeña de 1.04%, esto en su gran parte se dio gracias a la reducción del tiempo de recorrido y el esfuerzo, ya que los indicadores de disponibilidad no presentaron mucha variación. En el primer mes los indicadores de disponibilidad no tuvieron una evolución significativa debido a que en el primer mes se hizo el cambio de piezas críticas en las maquinas, por lo que estas estuvieron temporalmente fuera del proceso de producción.

Por otro lado, en el segundo mes se puede observar que hubo un incremento de la eficiencia de producción en casi el triple respecto a la variación del primer mes, llegando a un incremento de 3.88%. En cuanto a los indicadores de disponibilidad de máquinas se puede observar un mayor incremento de casi el doble con respecto a la variación del primer mes, este incremento impacta directamente en el aumento de la eficiencia de producción. El tiempo de recorrido presenta una disminución mínima con respecto al primer mes, esto debido a que cuando termino el primer mes de la prueba piloto la mayoría de los operarios ya habían adoptado el nuevo recorrido como parte de sus actividades diarias, por lo que, en el segundo mes, este indicador no presento una variación mínima.

En el tercer mes se consigue un incremento del 5.11% en la eficiencia de producción lo que represento una producción adicional de 4000 prendas denim en el mes.

De igual manera el OEE promedio de las maquinas se incrementó en 16.17% llegando a un 84.38% de eficiencia general en las máquinas, adicionalmente el tiempo medio de reparación por fallas se redujo en 98.55% y el tiempo medio

de entre falla se redujo hasta cero, lo que indica que en todo el mes de agosto no se registró falla alguna.

En cuanto a los indicadores relacionados al componente SLP disminuyeron en una mínima cantidad respecto al mes anterior, sin embargo, el porcentaje comparativo respecto al inicio de la prueba piloto en cuanto al tiempo de recorrido se redujo en 13.09% y el esfuerzo se redujo en 11.12%. Como se puede observar el componente SLP tuvo un efecto inmediato en la eficiencia de producción, sin embargo la variación fue menor en comparación al componente TPM, este último demoro más en mostrar los resultados, a partir del segundo mes se pudo ver una evolución considerable en los indicadores de disponibilidad, sin bien es cierto este tardo más en desarrollarse en la organización pero tuvo un impacto mayor en el incremento de la eficiencia de producción, gracias al aumento de la disponibilidad de las maquinas en el proceso de producción.

TABLA VI
RESULTADO INDICADORES

Indicador	Valor Inicial	Variación		
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Eficiencia de producción	69.89%	+ 1.04%	3.88%	5.11%
OEE promedio de las máquinas	68.21%	+ 5.84%	12.41%	16.17%
Tiempo medio de reparación (hrs)	20.75	-16.76%	-34.46%	-98.55%
Tiempo medio entre fallas (hrs)	149.9	+ 19.08%	41.00%	No se presentaron fallas en el intervalo analizado
Tiempo de recorrido (Seg)	1832.3	- 12.94%	-13.06%	-13.09%
Esfuerzo (Kg-m)	3551.4	- 6.00%	-10.00%	-11.12%

Con el fin de encontrar oportunidades de mejora bajo un enfoque de las herramientas Lean y su aplicación en las MYPES del sector textil confecciones se hace necesario el análisis de otros procesos que estén vinculados a la eficiencia de producción Para futuros escenarios es importante el seguimiento continuo de las herramientas aplicadas mediante auditorias periódicas que permitan visualizar el desarrollo de la propuesta en el tiempo y de ser necesario tomar medidas que faciliten su sostenibilidad.

IV. CONCLUSIONES

Como se pudo observar en los resultados, el modelo propuesto sirve para resolver el problema de la baja eficiencia de producción en el proceso de lavado y teñido en una MYPE textil confección dedicada a la confección de prendas de vestir en base a denim y está a disposición para solucionar otros casos similares en organizaciones de características similares.

En la organización analizada se detectó 2 grandes causas que conllevaban a la baja eficiencia de producción: presencia de tiempos improductivos, y las paradas inesperadas en las maquinas, la propuesta de mejora trabajada logro aumentar en 5% la eficiencia de producción de la empresa.

La aplicación de la metodología TPM logro aumentar en 16,17% la eficiencia general de las maquinas en la organización, pasando de 68.21% a 84.38% al finalizar el tercer mes del piloto.

La aplicación del componente SLP logró una disminución del 13,09% en promedio del tiempo de recorrido en segundos y adicionalmente una reducción del 11% en promedio del esfuerzo.

REFERENCIAS

- [1] G. M. Flores, "Características De Las Empresas," *Inst. Nac. Estadística E Informática*, Vol. 1, No. 1, P. 113, 2017.
- [2] S. Saulquin, *Jeans: La Vigencia De Un Mito*. Nobuko, 2004.
- [3] Sociedad N. De Industria, "7.-Tributos," Pp. 4–5, 2018.
- [4] E. I. R. L. Nanuk, "Industria Textil Y Confecciones," *Minist. La Prod.*, Vol. 1, No. 1, Pp. 1–157, 2017.
- [5] G. De Estudios, "Reporte Estadístico," *Inst. Estud. Económicos Y Soc.*, Pp. 5–10, 2019.
- [6] D. Slović, I. Tomašević, And M. Radović, "Improving Productivity In The Apparel Industry Through Gain Sharing And Continuous Process Improvement: The Case Of A Serbian Manufacturer," *Fibres Text. East. Eur.*, Vol. 24, No. 2, Pp. 15–22, 2016.
- [7] J. J. B And V. B. Kumar, "Minimization Of Machine Down Time And Production Delay By Eliminating The Setup Change In Engine Block Washing Machine," *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol. 119, Nor. 15, pp.1177-1188, 2018.
- [8] Moscoso, C., Fernandez, A., Viacava, G., & Raymundo, C. (2020). Integral model of maintenance management based on TPM and RCM principles to increase machine availability in a manufacturing company doi:10.1007/978-3-030-25629-6_137
- [9] B. Ayvaz, F. T. Öztürk Wien, A. Osman Kusakci, U. İnce, F. Öztürk, And A. Osman Kuşakci, "Value Stream Mapping In Lean Production And An Application In The Textile Sector," *Journal of International Trade, Logistics and Law*, Vol. 4, Nro. 1, 2018.
- [10] S. A. Ali Naqvi, M. Fahad, M. Atir, M. Zubair, And M. M. Shehzad, "Productivity Improvement Of A Manufacturing Facility Using Systematic Layout Planning," *Cogent Eng.*, Vol. 3, No. 1, 2016.
- [11] V. Ramakrishnan And S. Nallusamy, "Implementation Of Total Productive Maintenance Lean Tool To Reduce Lead Time - A Case Study," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, Vol. 8, No. 12, Pp. 295–306, 2017.
- [12] A. Jain, R. Bhatti, H. S. Deep, And S. Sharma, "Implementation Of Tpm For Enhancing Oee Of Small Scale Industry," *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)*, Vol. 1, No. 1, Pp. 125–136, 2012.
- [13] Kowalski, D. J., & Ilska, A. "Tpm Method In Optimization Of Production Processes. [Metoda Tpm W Optymalizacji Procesów Produkcyjnych]," *Przegląd Włókienniczy*, pp. 14-19, 2018. Doi:10.15199/60.2018.12.1.
- [14] S. Nallusamy, V. Kumar, V. Yadav, U. K. Prasad, And S. K. Suman, "Implementation Of Total Productive Maintenance To Enhance The Overall Equipment Effectiveness In Medium Scale Industries," *Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev.*, Vol. 8, No. 1, Pp. 1027–1038, 2018.

- [15] Kowalski, Daniel. "Metoda TPM w optymalizacji procesów produkcyjnych.", *Przegląd Włókienniczy*, 2018. DOI:10.15199/60.2018.12.1
- [16] M. Jahangoshai Rezaee, A. Salimi, And S. Yousefi, "Identifying And Managing Failures In Stone Processing Industry Using Cost-Based Fmea," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, Vol. 88, No. 9–12, Pp. 3329–3342, Feb. 2017.