



¡ POSGRADOS !

Maestría en **PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**

RPC-SO-41-No.689-2018

Opción de
titulación:

PROPUESTA METODOLÓGICA Y TECNOLÓGICA
AVANZADA

T E M A :

PROPUESTA DE MEJORA DEL RENDIMIENTO Y TIEMPO
SET UP DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FLEJES PARA
UNA EMPRESA DE SOLUCIONES DE ACERO DE
CONSTRUCCIÓN

A U T O R :

ING. IND. IBARRA BAJAÑA JULIO CÉSAR
ING. ANDRADE GÓMEZ WILLIAM FERNANDO

D I R E C T O R :

ING. IND. TERÁN ALVARADO ANA FABIOLA

Guayaquil - Ecuador

2022

DATOS CATALOGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Autor:



IBARRA BAJAÑA JULIO CÉSAR

Ingeniero Industrial.

Candidato a magister en Producción y Operaciones Industriales.

Correo: jibarrab1@est.ups.edu.ec

Autor:



ANDRADE GÓMEZ WILLIAM FERNANDO

Ingeniero Electrónico.

Candidato a magister en Producción y Operaciones Industriales.

Correo: wandradeg@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



ING. TERÁN ALVARADO ANA FABIOLA

Ingeniera Industrial

Magister en Administración de empresas.

Docente de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil

Carrera de Ingeniería Industrial

Correo: ateran@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a al autor.

DERECHOS RESERVADOS

©2022 Universidad Politécnica Salesiana GUAYAQUIL – ECUADOR - SUDAMÉRICA

IBARRA BAJAÑA JULIO CÉSAR - ANDRADE GÓMEZ WILLIAM FERNANDO

**“PROPUESTA DE MEJORA DEL RENDIMIENTO Y TIEMPO SET UP DE LA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FLEJES PARA UNA EMPRESA DE SOLUCIONES
DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN”**

RESUMEN

La intención del presente proyecto de investigación, es realizar una propuesta de reducción del tiempo de *set up* aprovechando los principios de la herramienta de Lean Manufacturing. La propuesta de mejora continua, se dio en una planta de soluciones de acero para la construcción, con su línea de producción Slitter 2. En la empresa se analizó los procedimientos de *set up* y la condición actual del mantenimiento que realizan a las máquinas. El objetivo principal fue realizar una optimización en el tiempo del *set up*. Se recopiló información necesaria por parte de gerencia, supervisor y operarios. En el primer objetivo, se obtuvo datos del proceso, mediante mediciones, lo que fue plasmado en un diagrama de procesos. La información obtenida fue tabulada, con la finalidad de encontrar el cuello de botella, dentro del proceso productivo de flejes. El segundo objetivo específico fue la disminución de tiempo de *set up*, en este caso fue necesario el uso de la metodología SMED. Siguiendo los pasos de la metodología SMED en el resultado de la tabulación se produjo la disminución de 34.57% en el cuello de botella. Mientras que en el total del ciclo del formato de estudio de tiempo hubo una reducción del 11.77 %. El último objetivo específico se enfocó en la propuesta de capacitar al personal, explicando las funciones del mantenimiento autónomo, aplicado a las máquinas de la línea de producción Slitter 2, evitando paradas no programadas. Además del soporte de otras herramientas de mejora continua, se redujo movimientos innecesarios y se obtiene un área organizada, además de productiva. Se concluye con los objetivos antes mencionados, que al aplicar la propuesta de mejora continua con las herramientas de Lean Manufacturing, se obtendrá la reducción de tiempo. Toda la información del proyecto de optimización de tiempo, queda a disposición de la empresa que le servirá como guía, para seguir mejorando el procedimiento de *set up* en todas las áreas de conformado de la planta metal mecánica.

Palabras clave: *set up*, SMED, Lean manufacturing, mantenimiento autónomo, productividad laboral, mejora continua.

ABSTRACT

The intention of this research project is to make a proposal to reduce the *set up* time by taking advantage of the principles of the Lean Manufacturing tool. The continuous improvement proposal was made in a steel solutions plant for construction, with its Slitter 2 production line. In this company, the *set up* procedures and the current condition of the maintenance performed on the machines were analyzed. The main objective was to optimize the *set up* time. Necessary information was collected from management, supervisor and operators. In the first objective, process data was obtained through measurements, which was captured in a process diagram. The information obtained was tabulated in order to find the bottleneck in the strapping production process. The second specific objective was the reduction of *set up* time, in this case it was necessary to use the SMED methodology. Following the steps of the SMED methodology in the result of the tabulation there was a decrease of 34.57% in the bottleneck. While in the total cycle time study format there was a reduction of 11.77 %. The last specific objective focused on the proposal to train the personnel, explaining the functions of autonomous maintenance, applied to the machines of the Slitter 2 production line, avoiding unscheduled stops. In addition to the support of other continuous improvement tools, unnecessary movements were reduced and an organized and productive area was obtained. It is concluded with the aforementioned objectives, that by applying the continuous improvement proposal with Lean Manufacturing tools, time reduction will be obtained. All the information of the time optimization project is at the disposal of the company, which will serve as a guide to continue improving the *set up* procedure in all the forming areas of the mechanical metal plant.

Key words: *set up*, SMED, Lean manufacturing, autonomous maintenance, labor productivity, continuous improvement.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Situación problemática.....	3
1.3 Formulación del problema.....	5
1.4 Justificación teórica.....	5
1.5 Justificación Práctica.....	5
1.6 Objetivos.....	6
1.6.1 Objetivo General.....	6
1.6.2 Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes Investigativos.....	7
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.2.1 La planificación estratégica.....	10
2.2.2 La mejora continua.....	10
2.3 SMED.....	11
2.3.1 Tiempo y cambio de producto.....	11
2.3.2 Descripción de la técnica SMED.....	12
2.4 Lean Manufacturing.....	13
2.4.1 Los cinco principios del Lean.....	13
2.5 Mantenimiento Industrial.....	14
2.5.1 Mantenimiento autónomo.....	15
2.6 Marco Referencial Teórico.....	15
2.6.1 Orden de Producción.....	15
2.6.2 Programación del plan de mantenimiento.....	15
2.6.3 Programación del personal.....	16
2.6.4. Estudios de tiempos y movimientos.....	16
2.6.5 Equipo para realizar un estudio de tiempo.....	17
2.6.6 Métodos generales para medir el tiempo estándar.....	18

2.7. Diagrama de Flujo de procesos	18
2.8. Diagrama de Causa-efecto.....	19
2.9 Estrategias de mejora.....	19
CAPITULO III	20
METODOLOGÍA.....	20
3.1.1 Modalidad de Investigación.....	20
3.1.2 Método.....	20
3.1.3 Condición actual del proceso.....	21
3.1.4 Desempeño productivo del área	22
3.2 Técnicas e instrumentos	22
3.3 Consideraciones.....	23
3.4 Procedimientos para la obtención de datos	24
3.5 Causas que afectan el rendimiento de la operación.....	25
3.6 Aplicación de la herramienta SMED.....	28
3.7 Aplicación del mantenimiento autónomo.....	30
3.8 Cronograma de actividades desarrolladas.	32
CAPÍTULO IV	34
RESULTADOS	34
4.1 Análisis de la herramienta SMED	34
4.1.1 Diagramas de flujos de procesos	34
4.2 Tabulación de tiempos de los diagramas de procesos	39
4.3 Resultados de tabulaciones de toma de tiempos.....	45
4.4 Análisis del Diagrama de Ishikawa	46
4.4.1 Máquinas	46
4.4.2 Recursos Humanos	47
4.4.3 Entorno	48
4.4.4 Métodos	48
4.4.5 Materiales	48
4.4.6 Mediciones	49
4.5 Análisis del Diagrama de Ishikawa	53
4.6 Resultados obtenidos de la propuesta con la herramienta SMED	54

4.7 Resultados obtenidos de la propuesta del mantenimiento autónomo	66
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto de Tesis	4
Figura 2. Diagrama de flujo de procesos.....	18
Figura 3. Diagrama de causa y efecto.....	19
Figura 4. Organigrama del área de producción	20
Figura 5. Distribución del área de flejes.....	21
Figura 6. Diagrama de Slitter 2	21
Figura 7. Cronograma de actividades desarrolladas de proyecto técnico.....	33
Figura 8. Diagrama de causa - efecto	53
Figura 9. Responsables de seguimientosb	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formato de diagrama de flujo	24
Tabla 2. Formato de estudio de tiempos para los diagramas de flujo	25
Tabla 3. ¿El porqué de las 7 mudas?	29
Tabla 4. Diagrama de flujo de proceso de la línea de producción Slitter 2.....	35
Tabla 5. Tabulación de tiempos para el procedimiento de <i>set up</i> de la línea de producción Slitter 2	40
Tabla 6. Resultados de tabulación de formato de estudio de tiempo	45
Tabla 7. Prioridades de las causas del diagrama de Ishikawa	50
Tabla 8. Análisis causa - efecto	52
Tabla 9. Diagrama de flujo de proceso de la línea de producción Slitter 2 - Disminución de tiempo después de la mejora.....	57
Tabla 10. Tabulación de tiempos para el procedimiento de <i>set up</i> de la línea de producción Slitter 2 - Disminución de tiempo después de la mejora	61
Tabla 11. Resultados de tabulación de formato de estudio de tiempo – Disminución de tiempo	66
Tabla 12. Comparación del antes y después del estudio de las herramientas del Lean Manufacturing	71

DEDICATORIA JULIO IBARRA

Dedicado a Dios que nos sostuvo durante la travesía de dos años de clases de cuarto nivel y nos brindó salud y vida. Dedicado a la memoria de mi padre Julio Ibarra Moncayo y a mis seres queridos que ya no están junto a mí, pero fueron parte de mi crecimiento como apoyo incondicional y guías.

DEDICATORIA WILLIAM ANDRADE

Dedico este proyecto a 2 pilares fundamentales que me ayudaron a forjar esta meta. Primero a Dios por mantenerme firme en esta lucha. Segundo a mi familia por darme el apoyo y consejo. Sin duda esta meta cumplida es sinónimo de lucha y compromiso para conmigo mismo.

AGRADECIMIENTO JULIO IBARRA

Agradezco a Dios pese a la situación que hemos atravesado a nivel mundial a causa de una pandemia. Gracias a El que nos ha permitido desarrollar y defender nuestro proyecto junto a mi compañero William Andrade, en tan prestigiosa Universidad Politécnica Salesiana con docentes de categoría A en todo el sentido, siempre contando con la guía de nuestra tutora, nuestra directora y a la empresa privada por permitir usar sus instalaciones para desarrollar nuestro proyecto. Agradecidos con mis padres, familia y amigos que empujaban y aplaudían nuestro avance. Esto lo hago por demostrarme que puedo y ser ejemplo para los demás que el imaginártelo es el principio del éxito, depende de uno si desea rendirse o volver a intentar y seguir hasta lograrlo. Donde me costó, pero al fin comprendí que mi Madre Eugenia Bajaña cumplió un rol importante a formar un hombre de bien sin rendirnos pese a las adversidades y muchas veces en el suelo, pero con la convicción de sacudirse y volver al ruedo “El que se rinde pierde”. Gracias totales, gracias infinita. Agradezco este proceso a ser magister en Producción y operaciones industriales a los docentes que impartieron sus conocimientos en cada materia.

AGRADECIMIENTO WILLIAM ANDRADE

A mí asesora de tesis la que siempre estuvo ahí apoyándonos, compartiendo sus conocimiento y experiencia que tiene y también habernos tenido toda la paciencia del mundo para guiarnos en todo el desarrollo del proyecto. Toda mi época de estudio he sido salesiano desde el bachillerato-pregrado y ahora que estoy culminando mi posgrado estaré siempre agradecido.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

El avance de la tecnología y también la necesidad de mejorar la competitividad en las empresas, en la última década se ha dado un impulso notable a las empresas de rediseñar sus sistemas productivos, para así afrontar los nuevos retos que se están dando en la actualidad.

Según la industria japonesa, el mantenimiento autónomo es una de las mayores contribuciones al mantenimiento industrial. Al comprometer a los operarios que estén a cargo de las máquinas y darles los medios para que ellos mismos realicen parte del mantenimiento, permite un aumento significativo de la productividad (Sourget, 2020).

Hoy en día, la implementación es facilitada por el software GMAO Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador. El mantenimiento autónomo es también conocido como auto mantenimiento, es uno de los componentes del TPM (*Mantenimiento Productivo Total*) (Sourget, 2020).

El término "mantenimiento autónomo" quiere decir a la ejecución de tareas de mantenimiento industrial por parte de operadores de las máquinas o los equipos, no por técnicos de mantenimiento profesionales (Sourget, 2020).

La aplicación del mantenimiento autónomo cumple varios objetivos:

- Aumenta la disponibilidad de las máquinas
- Mejora la apropiación de la máquina por parte de los operadores
- Reduce los costes de mantenimiento
- Limita los riesgos de accidentes (Sourget, 2020).

El llamado mantenimiento preventivo es el que se realiza de forma anticipada con el único objetivo de prevenir el surgimiento de desperfectos en los equipos electrónicos, artefactos, vehículos automotores, maquinarias pesadas, etcétera (Sacristán, 2014).

Entre otros de los procesos de mantenimiento preventivo son: análisis, limpieza, ajustes, lubricación, calibración, entre otros.

Como por ejemplo en la rama de informática el mantenimiento preventivo es la revisión de los componentes de la computadora lo que permite al usuario poseer un equipo fiable para el intercambio de información a una máxima ligereza con respecto a la configuración del sistema (Significado, 2015).

En lo que respecta a productividad, se plantea la propuesta de mejorar el tiempo de *set up* de la máquina con la propuesta de implementación de la metodología SMED (cambio de troquel en un minuto) además de contribuir con el mantenimiento autónomo y preventivo implementando una ficha técnica orientado a la mejora continua en una empresa metalmecánica.

El indicador OEE, relaciona la disponibilidad del proceso en dos puntos clave como la productividad y en la calidad (Mes-sigma.net, 2016).

Esta herramienta será la base del proyecto, ya que es un indicador universal para medir la productividad de los equipos industriales que tiene la empresa metalmecánica (Ingeniería industrial, 2019).

El mantenimiento industrial overhaul es uno de los tipos de mantenimientos industriales que se pueden llevar a cabo, para preservar la integridad de las instalaciones de una empresa dedicada a este sector, esto significa al conjunto de tareas y procedimientos para que la máquina quede como nueva (con la sustitución de piezas); esto alarga la vida útil a largo plazo (Tallers Pacs, 2020).

Las maquinarias industriales requieren de un mantenimiento usual y profesional para garantizar su correcto funcionamiento y nivel de producción. Como se ha mencionado antes, hay varios tipos de mantenimientos industriales, y para mantener en el mejor estado posible las máquinas y la seguridad de las instalaciones, se deberían de implementar todos, eso sí, siempre valorando su viabilidad dentro de la empresa y utilizándolos en caso necesario (Pacs, 2020).

Mejora Continua (Método Kaizen) es una metodología que tiene como objetivo clave eliminar las actividades que no agregan valor en la cadena productiva. Esta herramienta ayuda así a mejorar la productividad de las empresas (Antonucci, 2019).

Siete Mudass: En un proceso de producción en lo que se refiere reducir el tiempo de las operaciones para alcanzar mejorar los costos y obtener las metas de producción en el mínimo tiempo posible. Pero no olvidar que se deben dar ciertas condiciones para que los recursos que dispone una organización no sean manejados de manera insuficiente (Ramdar, 2015).

SMED es un sistema para la reducción del tiempo que se tarda en ejecutar los cambios de formatos o dispositivos en el proceso (Laverde Diaz & Castro Palacios, 2016).

Además, surgió de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes que transitaban por las prensas de estampación, optimizando para ello el tiempo de cambio empleado en pasar de una matriz a otra. Hoy en día el sistema SMED se emplea a las preparaciones de toda clase de máquinas (Laverde Diaz & Castro Palacios, 2016).

Para saber sobre el SMED vale tener claros una serie de conceptos:

- **Tiempo de cambio:** es el tiempo de cambio que la máquina está parada (Laverde Diaz & Castro Palacios, 2016).
- **Preparación:** Toda preparación es desperdicio (MUDA), ya que no contribuye valor para el cliente (Laverde Diaz & Castro Palacios, 2016).
- **Preparación interna:** operaciones que sólo pueden realizarse con máquina parada (Laverde Diaz & Castro Palacios, 2016).
- **Preparación externa:** operaciones de la preparación que pueden realizarse con la máquina en marcha (Progressa Lean, 2014).

En conclusión, con la ejecución de estas herramientas, contribuirá al operario, técnicos y supervisores, tendrán una mejor perspectiva del tiempo de *set up* y el tiempo de duración de una máquina.

1.2 Situación problemática

La Figura 1 muestra donde se realizó el proyecto, ubicado al norte de la ciudad de Guayaquil, en una planta de soluciones de acero para la construcción.

Figura 1. Ubicación del proyecto de Tesis



Fuente: Google Maps

Dentro de la planta se encuentran varias líneas de producción en el área de conformado, entre ellas se tiene las tuberías 1, 2 y 3 que producen tubos en frío y en caliente galvanizado, a diferencia de la tubería 4 que solo produce tubos en caliente galvanizado, adicional se tiene otras líneas de producción, las perfiladoras 1, 2 y 3 que producen correas metálicas.

Además, se tiene la Slitter 1 y 2 que transforman las bobinas importadas, en flejes caliente y en frío galvanizado. En reunión con la Alta gerencia de la planta, se indicó que hay preocupación por el retraso en la preparación (armado y calibrado de las máquinas) llamado tiempo de *set up* y además paradas no programadas por falta de seguimiento al plan de mantenimiento, ambos problemas se dan en la línea de producción de flejes Slitter 2, por lo tanto, conllevan a no cumplir la orden de producción diaria.

El 75% del tiempo se ocupa en *set up* de la máquina y solo un 25% es tiempo productivo. Se observó que el personal no está bien capacitado para implementar la metodología SMED y el plan de mantenimiento autónomo.

1.3 Formulación del problema

¿Qué aspectos conllevan a la demora del *set up* y pequeñas paradas no programadas de la línea de producción Slitter 2 en la empresa metalmeccánica?

1.4 Justificación teórica

Este proyecto se efectúa con la finalidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante el periodo de formación superior de cuarto nivel MPOI (maestría en producción y operaciones industriales) dando énfasis en temas relacionados en materias recibidas como son: Diseño de sistemas de producción y operaciones, Gestión de mantenimiento industrial, Técnicas más herramientas aplicadas a la mejora de la producción y Control estadístico en los procesos productivos.

Dentro de las materias mencionadas se aprenderá a usar diseño de diagrama de procesos, SMED, plan de mantenimiento, mejora continua y minitab. Se estaría demostrando que, aplicando las técnicas aprendidas durante el periodo de la maestría de producción y operaciones industriales, mejora nuestro nivel de conocimiento que aportan al desarrollo de este proyecto técnico.

1.5 Justificación Práctica

La empresa metalmeccánica donde se realizó el proyecto de desarrollo forma parte de una de las tres plantas que tiene el Ecuador. El mercado de acería, productos laminados en caliente y productos conformados en frío han ido en crecimiento en las últimas décadas por ello se ha reunido con el gerente de la compañía.

Se decidió que es necesario que se adopte un sistema de mejora continua y reformar el plan de mantenimiento autónomo y preventivo para disminuir el tiempo de parada de máquina, que afecta a sus procesos y al cumplimiento de la demanda.

El mantenimiento autónomo involucra directamente al operario de cada máquina, con la debida inducción, quedará apto para limpiar, ajustar, calibrar, engrasar, lubricar e incluso predecir un posible daño con tan solo escuchar ruidos, vibraciones y olores no habituales y concientizará al operario como el responsable directo de la máquina, encargado de reportar al jefe inmediato el desgaste de herramientas o piezas para evitar paradas innecesarias.

El mantenimiento autónomo contribuirá al rendimiento de la máquina e incluso aportará al crecimiento de la empresa, disminuyendo en la actualidad las paradas no programadas y gastos muy costosos por reparaciones correctivas, por falta de un plan de mantenimiento adecuado.

Los líderes de cada máquina, supervisores y el departamento técnico de mantenimiento son responsables de precautelar de hacer cumplir rigurosamente el plan de mantenimiento autónomo.

Dentro de la mejora continua se tiene la herramienta SMED (Single Minute Exchange Of Die) que disminuirá el tiempo de cambio en la preparación de la máquina y calibración para los distintos cortes de flejes.

Los resultados obtenidos en la empresa metal mecánica, se podrán aplicar en la línea de producción Slitter 2. Aplicando las herramientas SMED y mantenimiento autónomo, ayudaran a mejorar el nivel de rendimiento y será un gran aporte que beneficiará a la economía de la organización, en la producción, en la calidad, en el mantenimiento y en la seguridad en el trabajo, dentro de la planta en toda el área de conformado.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Mejorar el rendimiento y tiempo *set up* de la línea de producción de flejes para una empresa de acero.

1.6.2 Objetivos Específicos

1. Analizar el tiempo de *set up* en la línea de producción mediante un estudio de tiempo.
2. Disminuir el tiempo de *set up* de la línea de producción de flejes con la metodología SMED.
3. Realizar una propuesta de un plan de capacitación en mantenimiento autónomo para evitar paradas no programadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

La filosofía de la mejora continua lleva a los empresarios a desarrollar una serie de herramientas metodológicas de control y a la identificación de sistemas de gestión de calidad orientados a la mejora continua. El sector micro empresarial que congrega a las empresas familiares, microempresas, pequeñas empresas locales, independiente de su tamaño requiere la aplicación de metodologías para optimizar los procesos tanto en el sector productivo como en el de servicios, esto con el objetivo de minimizar costos y de ofrecer servicios de óptima calidad que satisfaga las necesidades de los clientes o usuario (Arango Serna, Gil Gómez, & Zapata Cortés, 2009).

David Vásquez en su proyecto “Propuesta de un plan para la aplicación de la estrategia SMED en el área: “construcción de llantas de camión radial” de la empresa continental Tire Andina S.A”, desarrolló un diagnóstico de la situación actual del área de construcción de fabricación, donde levantó información sobre el tiempo de *set up* en la máquina constructora, se determinó puntos sensibles con un estudio detallado de una área específica de la empresa "Continental Tire Andina S.A." y dentro de esta área, de una tarea específica como es el cambio de herramientas y materiales al momento de concluir la producción de un lote para iniciar la producción de otro con nuevas especificaciones, se hace el levantamiento de la información que consiste en conseguir todos los datos precisos para plantear alternativas, estos son: tipos de cambios, operaciones tanto internas como externas, los tiempos que demoran los cambios de materiales y ajustes de máquina, entre otros. Aplicó mejoras con la ayuda de la estrategia SMED y elaboró una propuesta de mejora (Vásquez Mosquera, 2011).

Christian Alexander Morillo León en su proyecto “Aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la productividad en el área de mantenimiento de máquinas de la empresa AIRTEC S.A. Callao 2018”. Desarrolló una matriz de correlación de causas de baja productividad, en el que se observa como la falta de mantenimiento autónomo del área de mantenimiento de máquinas herramienta, afecta la eficacia y eficiencia (productividad) de la empresa especializada en la fabricación de equipos de ventilación para industria y minera e identificó que no se practicaba el mantenimiento autónomo, porque el personal no estaba capacitado para hacerlo, tampoco se

practicaba el mantenimiento progresivo o mantenimiento preventivo, se esperaba hasta que se presentaba el fallo, paralizando el proceso productivo. Al paralizar la producción afectaba directamente a los clientes. Con el mantenimiento autónomo aumentó la confiabilidad de los equipos, incrementó la eficiencia de las líneas de producción mediante la reducción de tiempos improductivos e involucró, capacitó y comprometió a los operarios con la adaptación del mantenimiento autónomo (Morillo León, 2018).

Harry Olivares Checa en su proyecto “Propuesta de reducción de *set up* en el área de extrusión para la producción tubos de polietileno de alta densidad en una empresa de plásticos” Desarrolló un diagnóstico de cómo indicar la posición de cada elemento en el área de matricería, indicando por color el lugar el grupo de piezas, que se utilizan para el cambio de *set up*, es decir los anaqueles deben estar pintados de un color característico de tal modo que se reconozca a la pieza mecánica por su tamaño. El anaquel estará con sus respectivas señaléticas, que muestran el nombre, rango, tamaño y color de las piezas. Los códigos de los objetos se identificarán en el producto con una etiqueta y en el estante que ocupa, con una chapa, este método es similar al sistema de asignación de zonas. En el último capítulo de la propuesta, se presenta las conclusiones que se adquirieron posteriormente sobre de reducción de *set up* en la elaboración de tubos de polietileno empleando la herramienta SMED. A continuación, las conclusiones: Una vez que se desarrollen todas las innovaciones a través de las tres fases del sistema SMED, será posible reducir el tiempo de preparación de la producción *set up* y a la vez las actividades y cambio de responsabilidades de los trabajadores en la producción de tubos de polietileno. (Olivares Checa, 2012)

La aplicación de las 5’S es valiosa para integrar al grupo de trabajadores y que participen al cambio en el área de extrusión.

La aplicación del puente grúa facilita el movimiento de las piezas en el cambio de *set up*, reduce los riesgos para los operarios durante sus operaciones, sin embargo, esto no es suficiente, si no se siguen los lineamientos del *set up* como son la ubicación de las piezas en su zona respectiva. (Olivares Checa, 2012)

Raúl Castaño en su proyecto “Cambio Rápido y puesta a punto en minutos (*set up* aplicando SMED)”, indicó que se llama *set up* a la preparación y ajuste que se lleva a cabo antes de realizar una operación. Considerando el tiempo de cambio transcurrido desde que la máquina finaliza la operación precedente hasta que en lo operación siguiente se logre un producto conforme.

Análisis del *set up*:

Filmar completamente la operación.

Preguntar a las personas encargadas ¿Qué hacen? y registrar sus respuestas.

Estudiar los tiempos y movimientos involucrados en cada paso del *set up*. (Castaño, 2016)

Pasos básicos del *set up*:

1. Preparación, arreglo y comprobación sobre herramientas y materiales.
2. Montaje y desmontaje de cortantes, instrumentos y partes.
3. Medición, puesta a punto y calibración.
4. Prueba y ajuste.

Jennifer Barentzen Soberón en su proyecto “Propuesta de reducción del tiempo de *set up* usando los principios de Lean manufacturing para la mejora continua del proceso productivo” Indicó que la propuesta de solución al problema planteado de reducir el tiempo de *set up*, es la implementación del método SMED (Single Minute Exchange Of Die) en la línea de producción con la intención de reducir los tiempos de *set up* en la misma. Se analizará la operación de Set Up de la fabricación de redes, para lo cual, se requiere definir primero, las actividades que conforman el *set up* en este proceso. Luego, se mencionarán los desperdicios que llevan a *set up* largos y finalmente se indicaran los tiempos de cada actividad que es necesaria para la realización del *set up*. El tiempo de *set up* está referido al tiempo transcurrido entre que el último paño de un título determinado es producido hasta que se da inicio a la producción del lote siguiente de paños de otro título determinado. Es también conocido como el tiempo requerido para que una máquina o máquinas sean preparadas para entrar en funcionamiento. Se planteará la siguiente disyuntiva: ¿cuáles son los desperdicios de tiempo que llevan a que los tiempos de *set up* sean tan largos? (Barentzen Soberón, 2017)

Desperdicios que llevan a *set up* largos:

- Esperas
- Desabastecimiento de materia prima
- Disponibilidad de personal capacitado
- Disponibilidad de materiales requeridos para el armado
- Desarmado de plegadores de la producción anterior para el armado de la siguiente producción
- Excesivo movimiento (distribución de línea)
- Movimientos de material desde el almacén al inicio de la línea

- Sobreproducción (para generar inventarios)
- Demoras en el Set Up
- Tiempo de Urdido

Se observó los proyectos de investigación, relacionados al tiempo de *set up*, en que nos puede ser útil. También emplean las herramientas de Lean manufacturing que aporta a la mejora continua, como el SMED y lo relacionaron con la metodología 5s. Además de cronometrar el tiempo, filmar el procedimiento, analizar los tiempos y encontrar el cuello de botella, así mismo de puntos estratégicos para las herramientas y piezas a usar en el momento del *set up*. Lo más relevante es que involucran a los operarios, plantean capacitar a todos los operarios con herramientas de mejora continua y que participen con ideas. La investigación de estos proyectos relacionados a la disminución del tiempo del *set up*, fue un aporte que sirvió como guía para el estudio de tiempo y preparación de la maquina o calibración para nuevas medidas del *set up*, también conocido como tiempo de configuración, que está relacionado con el SMED, mantenimiento autónomo, 5s e incluso 7 desperdicios, que están dentro de la propuesta, para optimizar el tiempo de calibración.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 La planificación estratégica

Tradicionalmente las empresas han desarrollado procesos caracterizados por la especialización de las tareas asignadas por cada área o departamento, en la que de manera individual el empleado o trabajador concreta su esfuerzo encada tarea asignada, realizándola de acuerdo a instrucciones o especificaciones requeridas, sin interesarse en las necesidades del cliente o usuario (Hernández Nariño, Nogueira Rivera, & Medina León, 2009).

2.2.2 La mejora continua

Según Huilcapi Masacon considera a la mejora continua como, un ciclo interrumpido, a través del cual se identifica un área de mejora, se planifica como realizarla, para luego implementarla, comprobando los resultados y proceder de acuerdo con el proceso, ya sea para corregir desvíos o para plantear otra meta más retadora. Este ciclo permite la renovación, el desarrollo, el progreso y la posibilidad de responder a las necesidades cambiantes de nuestro entorno, para dar un excelente servicio a nuestros clientes. En este sentido y con el objetivo de seguir un proceso de mejora

de la calidad, se plantea seguir un modelo de mejora continua que contiene las siguientes fases: (Huilcapi Masacon, 2017).

- Identificación de lo que se anhela mejorar.
- Identificación de los beneficiarios.
- Identificación de las principales necesidades o expectativas de los clientes o usuarios.
- Evaluación del cumplimiento de dichas necesidades.
- Análisis de las causas de desviación.
- Diseño de la propuesta de mejora
- Establecimiento de la propuesta de mejora.
- Implantación de mecanismos de aseguramiento de calidad en los resultados (Aguilar Morales, 2018).

2.3 SMED

Los mercados han evolucionado para pedir a las empresas productoras más diversidad de producto, encargos de menor tamaño, plazos de entrega reducidos y costes de producción altamente competitivos. es una técnica que permite grandiosas disminuciones en los tiempos de *set up*, se promete como elección para abordar este reto de la producción contemporánea. Aquella técnica instituye una sucesión de pasos, en los que se experimentan meticulosamente las operaciones que tienen lugar durante el proceso de cambio de lote, haciendo posible una disminución radical del tiempo de elaboración (Espin Carbonell, 2018).

2.3.1 Tiempo y cambio de producto

Ante cualquier situación, se debe recordar algunos significados relacionados con la producción. En los métodos productivos, el tiempo planificado, es el tiempo que se prevé utilizar la máquina para producir. El tiempo planificado se fragmenta en dos.

Por un lado se sitúa el tiempo durante el cual la compañía está fabricando producto, denominado tiempo de funcionamiento, y por otro lado, del tiempo que la máquina se encuentra en pausa, por motivo de avería, descansos de producción o por elaboración para la fabricación de un nuevo lote de producto, llamado tiempo de cambio de lote o tiempo de preparación *set up* (Espin Carbonell, 2018).

2.3.2 Descripción de la técnica SMED

Se conocerá un poco más de profundidad en qué consiste la técnica. La técnica SMED alcanza los siguientes pasos:

1. **OBSERVAR** y comprender el proceso de cambio de lote.

El proceso de cambio de lote camina desde última pieza correcta del lote anterior, hasta la primera pieza correcta del lote siguiente.

En este primer paso, se realiza la investigación detallada del proceso con el fin de alcanzar cómo se lleva a cabo éste y conocer el tiempo invertido (Espin Carbonell, 2018).

Son 3 las actividades principales:

- Filmación completa de la operación de preparación. Se presta especial cuidado a los movimientos de manos, cuerpo y ojos. Cuando el proceso de cambio se lleva a cabo por algunos individuos, todas ellas deben ser grabadas de forma sincrónica.

- Creación de un equipo de trabajo multidisciplinar, en el que comprometen conformar los protagonistas de la grabación, personal de producción, encargados, personal de mantenimiento, calidad, etc. En esta fase se esclarecen dudas y se seleccionan ideas.

- Preparación del documento de trabajo, donde se sintetizarán de forma sencilla las acciones elaboradas y los tiempos que alcanzan (Espin Carbonell, 2018).

2. **IDENTIFICAR** y **SEPARAR** las operaciones internas y externas

Se entiende por operaciones internas aquéllas que corresponden efectuar con la máquina en pausa. Las operaciones externas son las que pueden ejecutarse con la máquina en marcha.

En primer lugar, todas las operaciones se encuentran mezcladas y se efectúan como si fuesen internas, por eso es tan sustancial la fase de identificación y separación. Por ejemplo: trasladar el molde, que se manipulará en el siguiente lote, hasta la máquina es una operación externa, ya que se logra ejecutar al margen de que la máquina esté funcionando. Limpiar el filtro en un molino de pintura debe ejecutarse con la máquina en pausa y por eso se considera una operación interna (Espin Carbonell, 2018).

3. **CONVERTIR** las operaciones internas en externas.

En esta etapa las operaciones externas pasan a hacer externamente del tiempo de cambio, reduciéndose el tiempo invertido en dicho cambio (Espin Carbonell, 2018).

4. REFINAR todos los aspectos de la preparación.

En esta etapa se busca optimizar todas las operaciones que se realizan en la industria, con el único fin de acortar al máximo los tiempos empleados. Las operaciones externas dependiendo del tiempo se reducen optimizando la localización, identificación y organización de útiles, equipos y resto de elementos precisos para el cambio. Esta reducción del tiempo de las operaciones internas, se dan en paralelo (Espin Carbonell, 2018).

5. ESTANDARIZAR

Es esta última etapa se busca mantener en el tiempo la nueva técnica perfeccionada (Espin Carbonell, 2018).

2.4 Lean Manufacturing

El principal concepto de Lean Manufacturing fue establecido por el fabricante japonés de automóviles Toyota asentado en lo que en este momento se conoce como el Sistema de Producción Toyota (Toyota Production System, TPS).

De acuerdo al TPS el objetivo principal era reducir el coste y perfeccionar la producción con la eliminación de las actividades que no daban valor al producto; esta idea nació de la falta de recursos que se dio en los años 50 en Japón fruto de la segunda guerra mundial y de las presiones económicas, con esto hicieron que se amontonaran inventarios y a la vez no se vendieran las unidades planeadas, esto conllevó a Toyota a tolerar graves dificultades financieras (Vilana Arto, 2010-2011).

2.4.1 Los cinco principios del Lean

Hay cinco principios que son claves para aplicar el Lean Manufacturing:

a) Lo más importante es producir lo que el cliente realmente percibe como valor. El objetivo es entender quién es el cliente ya sea interno o externo, y qué pretende. Lleva a comprender sus

necesidades, expectativas y requerimientos en unir a los procesos de trabajo (Vilana Arto, 2010-2011).

b) Cada tarea, cargo o actividad debe añadir valor. Se tiene que identificar la vía del valor con el único fin de eliminar la MUDA, a partir que ingrese la materia prima, se transforma, hasta que la entrega del producto completo al cliente.

El único objetivo es ayudar a la identificación de todas las actividades que no añaden valor al proceso en si la MUDA, con el fin de restarlas, cambiarlas o eliminarlas del proceso de trabajo (Vilana Arto, 2010-2011).

c) Se debe lograr que el producto fluya continuamente añadiendo valor y eliminar, en la medida de lo posible, la producción por lotes, sobre todo de los lotes grandes.

Para alcanzar un movimiento continuo del proceso hay que eliminar en su totalidad los obstáculos incorporados en máquinas que forman cuellos de botella y eliminar los transportes redundantes debido a layouts mal delineados (Vilana Arto, 2010-2011).

d) Encajar el Pull System en el proceso. Una vez se establece un patrón de flujo continuo en el proceso de trabajo, hay que introducir un sistema de producción Pull.

Es decir, fabricar según los requerimientos de los clientes, y tratar de responder rápidamente a sus requerimientos en todo momento, evitando o reduciendo la sobreproducción y almacenamiento (Vilana Arto, 2010-2011).

e) Se busca la perfección y se la gestiona. Dominar la perfección en el pensamiento Lean no sólo significa liberar procesos y productos de defectos y errores, sino también entregar productos que cumplan con los requisitos del cliente a tiempo, a un precio razonable y con una calidad específica.

2.5 Mantenimiento Industrial

Las funciones básicas de mantenimiento se pueden resumir en la realización de todo el trabajo necesario para configurar y mantener el equipo de producción para cumplir con los requisitos del funcionamiento normal.

Es un conjunto de tecnologías que aseguran el correcto uso de los edificios e instalaciones y el funcionamiento continuo de la maquinaria de producción.

TPM es ahora una de las plataformas para la eficiencia general, Sobre qué base se puede lograr la plena competitividad. Por lo tanto, TPM se esfuerza por lograr cero error, error o error. Mejore la eficiencia del proceso de producción y reduzca los costos

2.5.1 Mantenimiento autónomo

Una de las actividades más importantes de TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Su propósito es interactuar con el operador en el cuidado del equipo a través de un alto nivel de capacitación y preparación profesional, respetando las condiciones de operación y protegiendo el área de trabajo de la contaminación, suciedad y desorden.

Realizado por operadores haciendo tareas simples de mantenimiento en sus equipos tales como limpieza, lubricación, detectar olores poco comunes, realizar pequeños ajustes con un reporte al departamento de mantenimiento del funcionamiento y condición actual de las máquinas. Recordar que todo operario debe de estar capacitado para cumplir con los procedimientos del mantenimiento autónomo.

2.6 Marco Referencial Teórico

2.6.1 Orden de Producción

Órdenes de Producción se aplican a las empresas que producen unidades totalmente identificables durante su período de transformación, lo que ayuda a determinar los factores de costo correspondientes por unidad y, por lo tanto, por pedido.

El proceso de órdenes de Producción es un conjunto de métodos utilizados para controlar los procesos de producción que generalmente son aplicables a las industrias de fabricación de productos por lotes (Caballero Máximo, 2014).

Esto nos indica que antes del proceso, debe estar disponible una orden de trabajo aprobada por la alta dirección para iniciar el proceso.

2.6.2 Programación del plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento de la planta metal mecánica se basa en actividades de mantenimiento programadas, para controlar el rendimiento y el tiempo de funcionamiento de las máquinas para

evitar paradas innecesarias que afectan negativamente a la producción y que se reflejan en la economía de la empresa por estos motivos.

2.6.3 Programación del personal

Se distribuye a los empleados calificados y capacitados de la empresa en diferentes turnos. La responsabilidad se asigna a cada operador que tiene los conocimientos necesarios en diferentes máquinas y líneas de producción para cumplir con los requisitos de producción.

2.6.4. Estudios de tiempos y movimientos

Los estudios de tiempos y movimientos son uno de los métodos más utilizados en la actualidad para lograr una mejor forma de trabajar, y esto se conoce como el análisis sistemático de los métodos de trabajo involucrados en el proceso de producción (Daza Fernández & Cediél Acevedo, 2013).

Los estudios de tiempo y movimiento se han vuelto de suma importancia para las industrias modernas, ya que ayudan a los empleados a comprender el costo real de la mano de obra, reducir y documentar los costos, además de mejorar las condiciones de trabajo y el medio ambiente, y promover objetivos claros en la organización (Daza Fernández & Cediél Acevedo, 2013).

Los estudios de tiempos y movimientos se realizan para:

- Desarrollar mejores secuencias y sistemas.
- Estandarización de sistemas y métodos.
- Determinar el tiempo que le toma a una persona competente y adecuadamente equipada realizar una tarea o actividad en particular y trabajar a un ritmo normal.
- Apoyar la formación de los operadores según los mejores procesos (Daza Fernández & Cediél Acevedo, 2013).

La organización no debe dejar de buscar mejoras en ningún caso o se volverá obsoleta. Una industria que se esfuerza por interactuar y lograr un buen compromiso con todos sus empleados no solo trabajará para mejorar, sino que también traerá buenas relaciones y una comunicación efectiva entre los participantes. La empresa obtendrá una ventaja competitiva en el mercado.

Dividir una parte del trabajo en componentes más pequeños y volver a ensamblar con técnicas de investigación de movimiento conduce a mejoras.

Si se estudia el tiempo y el movimiento, siempre estarán presentes las siguientes cualidades:

- “Puede reducir el costo de cualquier trabajo”

- “El costo es nuestra medida”
- “Reducir costos es nuestro negocio”.

Si desea reducir costos, no significa que la industria proporcionará productos inferiores. Al realizar estudios de tiempo y movimiento, se valora no solo la reducción de costos, sino también la calidad del producto final.

Saber cuánto demora cada proceso es importante porque nos permite saber exactamente cuánto demora una producción u otro proceso, y actualizar si hay cuellos de botella. Qué cuellos de botella se muestran durante el tiempo de ejecución, esto nos permite saber si una máquina tiene rendimiento, basta conocer el costo de producción de un producto, saber si existe o no excedente de mano de obra en un determinado lugar de trabajo, la cantidad requerida para la producción esperada y sobre todo permite el conocimiento y la automatización. El tiempo de entrega. Hoy en día se utilizan diversas metodologías que permiten establecer estándares de producción más razonables (Moreno Gilse & Velasco Loor, 2019).

Parte de esta metodología para medir el tiempo de trabajo incluye la administración de “cronómetros, datos estándar definidos por el sistema en tiempo real, fórmulas por horas o trabajo de muestreo de investigación”, tomando en recuento los “suplementos u espacios por agotamiento y limitaciones personales” (Moreno Gilse & Velasco Loor, 2019).

Hay varios métodos que se utilizan para hacer un estudio de tiempo y movimiento, pero para que estos métodos funcionen en una empresa, se necesita lo siguiente:

- Se debe informar a los trabajadores que se realizará un estudio de horarios y movimientos (Moreno Gilse & Velasco Loor, 2019).
- Se debe proporcionar la formación adecuada a los empleados para garantizar que sean adecuados para su trabajo.
- El trabajador debe “estar interesado en el bienestar de la organización y apoyar las prácticas y procedimientos a implementar” (Moreno Gilse & Velasco Loor, 2019).

2.6.5 Equipo para realizar un estudio de tiempo

Según Niebel & Freivalds el equipo necesario para realizar un estudio de tiempo en ambos casos sería:

- Un cronómetro.
- Un tablero de estudio de tiempos.
- Los formatos para el estudio.
- Una calculadora básica.
- Una videogradora (opcional).

2.6.6 Métodos generales para medir el tiempo estándar

Cruelles encasilla los métodos para calcular el tiempo estándar de la siguiente forma:

- Estimación
- Datos históricos
- Tablas de datos normalizados
- Sistemas de tiempos predeterminados-MTM
- Muestreo
- Cronometraje

2.7. Diagrama de Flujo de procesos

El diagrama permite observar las etapas de los procesos productivos en pasos identificados.

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	SIGNIFICADO
	Círculo	Operación	Ejecución de un trabajo en una parte de un producto
	Cuadrado	Inspección	Utilizado para trabajo de control de calidad
	Flecha	Transporte	Utilizado al mover material
	Triángulo	Almacenamiento	Utilizado para almacenamiento a largo plazo
	D grande	Retraso	Utilizado cuando lo almacenado es inferior a un contenedor

Figura 2. Diagrama de flujo de procesos.

Fuente: Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. Fred. E. Meyers.

El diagrama de flujo, como muestra la Figura 2 permite identificar los procedimientos, mediante símbolos con sus respectivos significados, para tener una idea clara dentro del proceso.

2.8. Diagrama de Causa-efecto

La Figura 3 permite identificar mediante lluvias de ideas las causas y los posibles efectos de un problema en procesos y procedimientos.

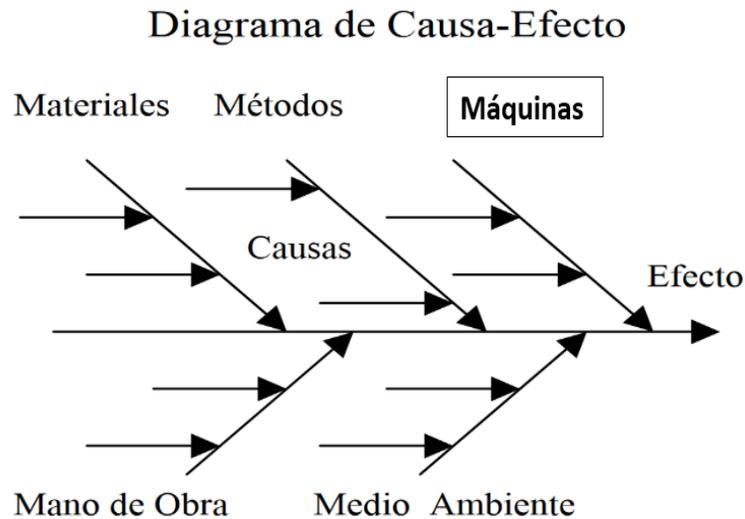


Figura 3. Diagrama de causa y efecto.
Fuente: Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial, G. López (2001).

2.9 Estrategias de mejora

Etapa de medición

Radica en la elección de características fundamentales del proceso de la línea de producción, analizar y tomar correcciones necesarias y mostrar los resultados obtenidos del proceso.

Etapa de Análisis

Se fundamenta en el estudio pertinente para identificar la mejor forma de aplicación de la metodología SMED y el plan de mantenimiento autónomo en base a las observaciones realizadas.

Etapa de Mejora

Identificar las etapas a mejorar del proceso con la finalidad de conseguir un producto terminado de calidad.

Etapa de Control

Se debe controlar, monitorear y documentar los cambios a mejorar del proceso. Darle seguimiento a la implementación de mejora.

Es primordial y necesario capacitar al personal sobre la propuesta de implementación de la metodología SMED y el plan de mantenimiento autónomo – preventivo para exigir su ejecución.

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

El proyecto se realiza mediante un estudio explicativo en el cual se analizará las actividades operativas que se encarga de buscar el ¿por qué?, a partir de los eventos, su función principal es responder a las causas de los eventos físicos o sociales estableciendo relaciones de causa y efecto.

Se medirá y evaluará el estudio explicativo a manera de determinar medidas de control en la línea de producción donde representen los riesgos más críticos.

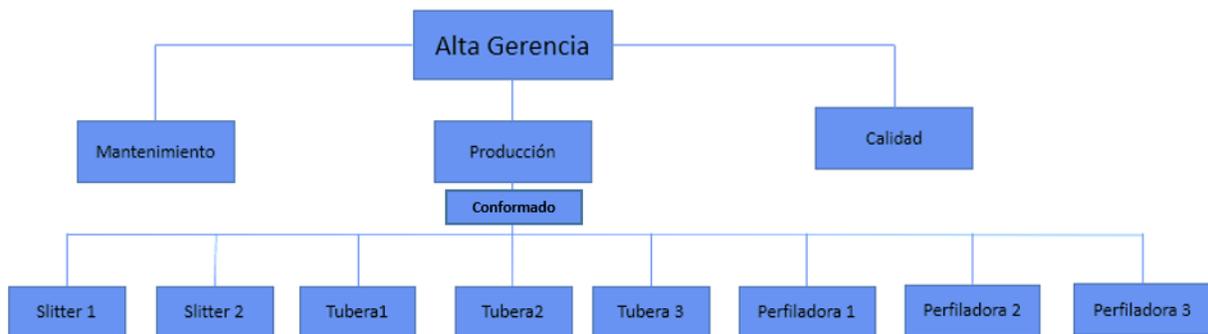
3.1.1 Modalidad de Investigación

La investigación se realiza en el sitio (*in situ*) donde se encuentra el objeto de exposición, se obtendrá los datos en el campo, además se observará el proceso y el procedimiento a mejorar que serán analizadas mediante los métodos expuesto en este plan.

3.1.2 Método

Mediante la presente investigación se utiliza el método de análisis que permita comparar los datos obtenidos mediante el uso de la herramienta SMED, acompañado de un plan de mantenimiento autónomo, para obtener los resultados y demostrar que se han cumplido los objetivos propuestos.

La fábrica metal mecánica que se eligió para desarrollar el proyecto de tesis tiene un departamento llamado conformado en el cual se divide en 3 áreas, Slitters, tuberas y perfiladoras, que se detallará a continuación en el organigrama del área de producción de la Figura 4.



*Figura 4. Organigrama del área de producción
Fuente: Autores.*

3.1.3 Condición actual del proceso

Se detalla la condición actual del proceso de producción de flejes de la línea de producción Slitter 2 en una empresa de soluciones de acero para la construcción en la ciudad de Guayaquil. Para la línea de producción hay un promedio de 8 trabajadores tomando en consideración dos turnos de 12 horas para cumplir la orden de producción por cada turno, habitualmente se denomina horarios rotativos.

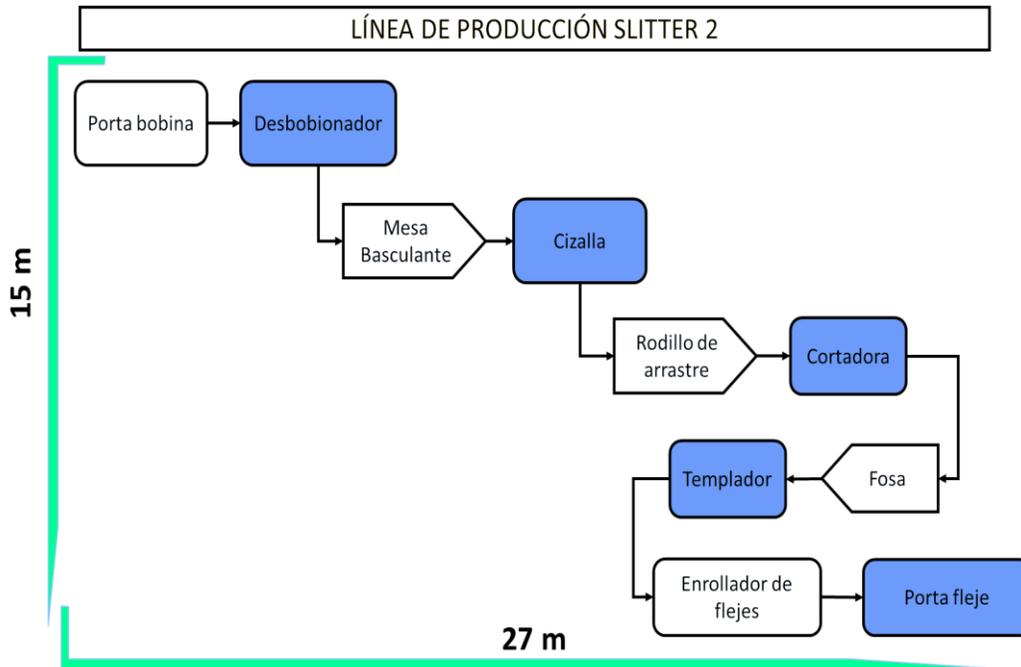


Figura 5. Distribución del área de flejes
Fuente: Autores

Proceso de Slitter 2

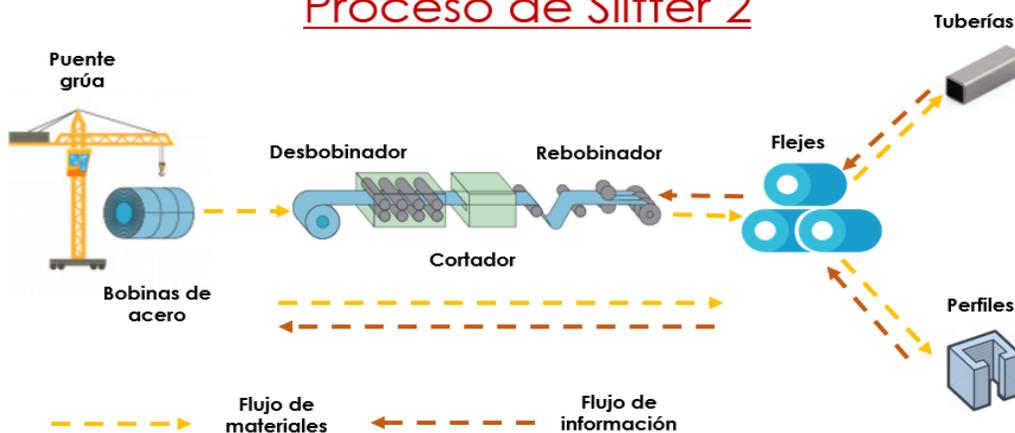


Figura 6. Diagrama de Slitter 2
Fuente: (Cevallos Recalde & Mieles Salgado, 2019)

El conformado de la línea de producción de flejes, está distribuido con un total de 10 partes entre máquinas y la fosa, operada por 4 colaboradores que lo conforma un líder de área y tres asistentes. En aquella área se fabrican flejes acerados, galvanizados, laminado en frío y caliente que empieza desde el porta bobina, pasan por 5 máquinas antes de llegar al enrollador de flejes, como lo muestra la línea de producción en la Figura 5 y en el diagrama de la Figura 6.

Para el área mencionada se cuenta con un supervisor con su asistente para inspeccionar la producción. Un personal de mantenimiento que controla el estado de las máquinas y otro de control de calidad para evitar reprocesos dentro de la planta productiva.

3.1.4 Desempeño productivo del área

En la línea de producción de flejes Slitter 2 se tiene 6 máquinas para fabricar flejes, previo el siguiente proceso en otra área. Conociendo el proceso de la línea de producción con el respectivo funcionamiento de las máquinas se define los siguientes KPI'S:

- Horas - Ensamble la máquina de acuerdo con el proceso de producción (*set up*).
- Horas – Máquina en producción por referencia de insumo en base a OP (Ordenes de producción).
- Frecuencia de mantenimientos.
- Frecuencia de revisión de calidad
- Versatilidad e importancia de la máquina.

3.2 Técnicas e instrumentos

Para tratar de implementar las herramientas del Lean Manufacturing existió la necesidad de visitar la planta en varias ocasiones, para estar al tanto de cómo funciona de principio a fin el proceso de flejes, la acción de observar, para tomar apuntes fue necesario para tener un indicio y poder efectuar un plan de mejora. Para analizar el tiempo que se tarda en preparar la máquina, para un nuevo proceso fue necesario aplicar un estudio de tiempo.

Se toma el tiempo total del *set up* de la línea de fabricación de flejes, utilizando la técnica tradicional del cronómetro, que servirá para medir la duración de la tarea que se le asigna a un operario promedio, trabajando a un ritmo normal, adicional se tomará el tiempo de paradas no programadas por golpes, averías, falta de conocimiento y falta de mantenimiento en la línea de producción.

Adicional aplicando el estudio de tiempo en ambos turnos de trabajo, se analizará el compromiso del operario para cumplir con las tareas asignadas. Para llegar a la estandarización del proceso es necesario. eliminar movimientos innecesarios que con lleva a pérdidas de tiempo por desplazamiento de herramientas, a la hora del *set up* deberían ya de tener todo listo para la operación de cambio de matriz evitando en ese momento que el operario se mueva de un lugar a otro.

Los instrumentos utilizados para medir el tiempo en el área de la Slitter 2 fueron los siguientes: un cronómetro, una calculadora, bolígrafo, una laptop para los formatos de tabla de control, indicadores y sus respectivos programas de Office (Microsoft Excel, Microsoft Word y Power Point):

- El cronómetro permite medir los tiempos que los operarios demoran por cada uno de los pasos del *set up* para la producción de flejes acerado, galvanizado, laminado en frío y caliente.
- La calculadora permite sumar el tiempo total del proceso cronometrado, los tiempos calculados se registraron en el formato de la Tabla 1.
- Con los formatos de tabla de control e indicadores permiten registrar y documentar los tiempos del procedimiento de *set up*. Tabla 2.
- Los bolígrafos facilitan tomar los apuntes obligatorios en la duración del procedimiento de *set up* con nuevas medidas indicadas en la carta de armado.
- Los programas de Excel y Power Point sirvieron para la tabulación y registro de la información de los tiempos del procedimiento.

3.3 Consideraciones

Se consideró en la elaboración de datos del estudio de tiempos y movimientos lo siguiente:

- Los operarios de la línea de producción conocían que se visitaría la planta, fue necesario pedirles cooperación para obtener datos reales, indicándoles lo beneficioso que sería implementar herramientas de mejora continua o Lean Manufacturing, para aportar a un mejor ambiente laboral.
- Se cuenta con la autorización de cargos superiores y la facilidad que brindó el supervisor del área para realizar investigaciones que contribuirán al proceso.

3.4 Procedimientos para la obtención de datos

Con el objetivo de reducir los tiempos fue primordial planificar la metodología de pasos a seguir:

Primer paso elaborar un diagrama de proceso de flujo del funcionamiento del proceso, como se muestran en la Tabla 1 que sirve para identificar los movimientos del operario con sus respectivos tiempos que con las respectivas características y detalles.

Tabla 1. Formato de diagrama de flujo

RESUMEN		ACTUAL		PROPUESTO				
		#	Tpo.	#	Tpo.	Tarea:		
○	Operaciones					Personal:		
⇒	Transporte					El diagrama empieza:		
□	Controles					El diagrama termina:		
D	Esperas					Elaborado por:		
▽	Almacenamiento					Fecha:		
	Total							
No.	Actividad	Oper.	Trp.	Ctrl.	Esp.	Alm.	Tpo.	Observ.
1								
2								
3								
4								
5								

Fuente: Elaboración propia

Tabular tiempos tomados del procedimiento de *set up* que se observa en el diagrama de flujo y registrar en el formato de estudio de tiempos como se observa en la Tabla 2.

Con este formato de estudio de tiempo se puede observar y analizar el tiempo que se demora el operario en cambiar una matriz para un nuevo procedimiento establecido en la orden de producción, que es el tiempo de *set up* donde existe el cuello de botella por el tiempo que se demoran debido a movimientos innecesarios (muda) y ciertos operarios no tienen el compromiso y voluntad para disminuir el tiempo de *set up*.

El objetivo del estudio de tiempo es simplificar el trabajo determinando el tiempo que debe de llevar.

Se busca bajar las dos horas que están estandarizadas que equivale al 60 por ciento de tiempo de *set up* (preparar las cuchillas de corte de la Slitter 2 para cortar nuevas medidas de fleje).

Tabla 2. Formato de estudio de tiempos para los diagramas de flujo

FORMATO DE ESTUDIO DE TIEMPO												
PROCESO:												
FECHA:	HORA INICIO:			HORA FIN:			ELABORADO POR:					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROM	Tiempo Estándar
TOTÁL CICLO												

Fuente: Elaboración propia

3.5 Causas que afectan el rendimiento de la operación

El tiempo de preparación de la máquina se cronometrará en varios ciclos para constatar el porcentaje real de tiempo muerto y hallar las posibles causas de dicha demora. Se analizará las experiencias de los operarios con la máquina Slitter, mediante encuestas con la finalidad de determinar el potencial problema existente de tiempos improductivos por preparación *set up*. Con la información obtenida se examinará la aplicación de la herramienta SMED y el mantenimiento autónomo.

- Con la necesidad de analizar la disponibilidad de las máquinas, recursos humanos, ambiente laboral, actitud por parte del colaborador, herramientas utilizadas durante la jornada laboral, el tiempo que normalmente se demoran en preparar la máquina para un nuevo proceso; se elaboró el diagrama de Ishikawa con la finalidad de comparar las causas y efecto para determinar el problema con el fin de establecer una relación entre los elementos señalados, se considera lo siguiente: ´
- En las visitas a la planta se tomó el tiempo a los operarios e identificar los movimientos, que conllevan el mayor tiempo de manipulación para el procedimiento del *set up*, es decir

preparar la máquina con su respectiva calibración, para responder interrogantes que se evidenció a lo largo del proceso ¿Cómo consideran el ambiente laboral en el área de flejes? ¿Se requiere aumentar mano de obra? ¿Tienen conocimiento o están capacitados en la implementación de herramientas de Lean Manufacturing que aporta a la mejora continua? ¿Las máquinas están correctamente ubicadas?

- Con la colaboración del supervisor a cargo del área, según su criterio facilitó disipar las siguientes dudas: ¿Son frecuente las paradas no programadas por falta de un plan de mantenimiento autónomo? ¿Se aplica con normalidad mantenimiento autónomo para evitar retraso en la producción? ¿Se sigue rigurosamente la orden de producción?
- Con la colaboración del personal de ambos turnos se les consultó lo siguiente: ¿Consideran dentro de lo permitido el seguimiento de las herramientas de Lean Manufacturing? ¿cómo consideran la seguridad industrial tanto en las máquinas como en toda el área? ¿Sienten la necesidad de ser escuchados?
- Estas preguntas aportarán a seguir teniendo una idea clara de la necesidad del área para la propuesta de implementación de herramientas de mejora continua, contando con la participación de toda el área tanto supervisor como operarios que respondieron las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo consideran el ambiente laboral en el área de flejes?

Se puede laborar sin presión, pero no está de más reconocer mensualmente el desempeño y esfuerzo del o los operarios destacados

2. ¿Se requiere aumentar mano de obra?

Si se implementa las técnicas SMED y mantenimiento autónomo, no habría la necesidad de incorporar otro elemento

3. ¿Tienen conocimiento o están capacitados en la implementación de herramientas de Lean Manufacturing que aporta a la mejora continua?

Debería de darse con frecuencia inducción y capacitación de estas herramientas para estar aptos y preparado con conocimiento para implementar mejora en todos los procesos

4. ¿Las máquinas están correctamente ubicadas?

No hay necesidad de reingeniería o reubicarlas, pero si la necesidad de que estén en mejor estado, aplicando un riguroso plan de mantenimiento

5. ¿Son frecuentes las paradas no programadas por falta de un plan de mantenimiento autónomo?

No se le da seguimiento como debe de ser, para aplicar mantenimiento autónomo y que el personal esté capacitado en realizar esta maniobra.

6. ¿Se aplica con normalidad mantenimiento autónomo para evitar retraso en la producción?

Se carece de esta herramienta

7. ¿Se cumple rigurosamente la orden de producción?

Existe mucho retraso por tiempo de *set up* y paradas no programadas por falta de mantenimiento, reporte de paradas innecesarias e historial de máquinas

8. ¿Consideran dentro de lo permitido el seguimiento de las herramientas de Lean Manufacturing?

Aun no se da con frecuencia la implementación y seguimiento de herramientas

9. ¿Cómo consideran la seguridad industrial tanto en las máquinas como en toda el área?

A falta de un exigente y adecuado mantenimiento disminuye la seguridad en las maquinas quedando expuesto el operario

10. ¿Sienten la necesidad de ser escuchados?

Se tiene ideas para aportar al rendimiento del área, esperando ser escuchado

- Analizando las repuestas y observando el procedimiento que se ejecuta a la hora del *set up*, lo recomendable sería el estudio de tiempos y movimientos, que se inicia visitando a la planta según el cronograma, para observar el proceso y el procedimiento de la actividad en mención, se apoyó en el cronometraje, para continuar con el análisis total del tiempo que se tardan para empezar un nuevo proceso. Fue necesario de tomar el tiempo y visualizar los movimientos en más de una ocasión, para llegar a un tiempo promedio aproximado en la preparación de la máquina para un nuevo proceso, con nuevas medidas para obtener la cantidad requerida de flejes.

Una vez realizado el estudio en el área de flejes Slitter 2, se recomendarán herramientas de mejora continua para aportar a disminuir el tiempo de *set up*

A continuación, se aprovechan las siguientes herramientas de Lean Manufacturing:

3.6 Aplicación de la herramienta SMED

Con el uso de esta herramienta se efectúa con la asistencia de la herramienta 7 mudas, para obtener un mejor resultado, cada herramienta tiene su función, pero se complementan con la finalidad de mejorar el tiempo de cambio. Con el SMED se disminuye el tiempo de cambio eliminando tiempo muerto y movimiento innecesario dentro de la actividad, las 7 mudas demandan una cadena de tareas que erradicarán toda clase de movimientos que no agrega valor al procedimiento del *set up* en el área de trabajo.

La finalidad del SMED es el tiempo de cambio en menos de 10 minutos, con beneficios que incrementará la capacidad de producción, por el tiempo que se va a reducir en la actividad de cambio de formato con las diferentes medidas según la orden de producción, además de reducir inventario por la rotación y uso continuo de herramientas y materia prima.

Para entender mejor como aplicar el SMED dentro de la empresa, se debe conocer con ocho claves:

- Observar cómo se lleva a cabo el cambio de formato por parte del operario, adicional enlistar las herramientas requeridas. Este punto ayudará que el trabajador se tarda más en realizar las actividades designadas para el cambio.
- Observar los turnos de trabajo, para diferenciar que grupo lo realiza de la mejor manera. Nos ayuda a estandarizar el procedimiento.
- Orden, clasificación y limpieza en el área de trabajo, las herramientas clasificadas en el tablero de herramientas.
- Reducir el número de ajuste entre cambio, ejemplo la fórmula 1 pasó de cinco tuercas o birlos a un solo birlo, para reducir tiempo de cambio.
- Investigar herramientas y equipos ya automatizados o pensar en cómo modificarlos para lograr el cambio en el menor tiempo posible, ejemplo la F1 modificó los gatos hidráulicos, con un solo movimiento suben el chasis.
- Crear una gestión visual, tipo receta para una pieza y herramienta, ejemplo tipo, modelo, tamaño, ubicación, funcionamiento, etc.
- Ganar tiempo mientras el equipo está en marcha, pensar que se puede ya ir alistando para el momento del cambio tener todo listo, ejemplo en la F1 ya tienen las herramientas, gata hidráulica, piezas y llantas preparadas cuando llegue el automóvil. (operación externa e interna)

- Ubicar las herramientas y equipos en una distancia corta, para evitar traslados innecesarios, tener listo la caja de herramientas que previamente fueron seleccionadas del tablero de herramientas, por lo que es necesario aplicar las 7 mudas o siete desperdicios para identificar y erradicar movimientos innecesarios que derivan a pérdidas de tiempo por no tener las herramientas necesarias cerca de la operación, entre menor distancia se recorre mayor será el tiempo a favor para la operación. Sobre todo, capacitar a los operarios de los cambios y mejoras a implementar para tener personal apto y capacitado.

Tabla 3. ¿El porqué de las 7 mudas?

LAS 7 MUDAS	¿EL POR QUÉ DE LAS 7 MUDAS?
Sobreproducción	Producir flejes antes de constatar la OP, la línea de producción está parada por mantenimiento no programado, retraso en el <i>set up</i> .
Tiempos de espera	El tiempo que no agrega valor en la producción por lo antes mencionado paradas no programadas, el tiempo que se tarda en el <i>set up</i> , reproceso por no seguir los alineamientos de calidad o revisar la orden de producción antes de.
Transporte	La grúa transporta la materia prima que son las boninas, al finalizar el proceso se obtiene el fleje que también es retirado por otra grúa que muchas veces pasa ocupada transportando otro material.
Procesos inapropiados	Una vez estandarizados los procesos y procedimientos, no debería de existir pérdida de tiempo, repetir un mismo proceso por reproceso, preparar dos o más OP que nadie va a utilizar, forzar a horas extras por un producto que normalmente se realiza dentro de las horas establecidas.
Exceso de inventario	Los retrasos por <i>set up</i> adicional las paradas no programadas por avería de las máquinas, conllevan a no darle rotación a la materia prima que está en stock.
Movimientos innecesarios	Todo movimiento por parte del operario que no agrega valor, perjudica a la producción, por el simple hecho de perder una OP e ir a pedir y esperar que le impriman una nueva, el no tener un orden establecido para ir al baño o tomar el líquido vital para ser humano genera retraso que al final merma la economía de la empresa.

Defectos del producto	Al equivocarse con las medidas, calibración o ajuste, generará un reproceso que impacta directamente a la producción por ende perjudica lo planificado por la empresa, peor donde el producto sale de la planta directo al cliente y recién se percaten por reclamo, es lo que no se desea por el impacto económico que deja no solo por el tiempo, traslado, más bien es por la imagen que deja ante el cliente.
-----------------------	---

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3 muestra la pérdida de tiempo por transporte y movimientos innecesarios, no contar con un mantenimiento autónomo ya establecido. Ayuda a identificar desperdicios dentro del procedimiento de línea de producción Slitter 2.

3.7 Aplicación del mantenimiento autónomo

Con esta herramienta de TPM se puede definir como el primer paso de los tipos de mantenimiento, dentro de un plan de mantenimiento, se debe incluir el mantenimiento autónomo, es esencial porque involucra directamente al grupo encargado para cumplir las siguientes indicaciones:

- Al involucrar directamente al operario, se puede obtener precaución en la máquina con el simple hecho de estar pendiente con detalles pequeños como limpiar, lubricar, escuchar algún ruido extraño, o percibir un olor que no es común, así estarán vigiladas y controladas las máquinas.
- Será un respaldo para el departamento de mantenimiento, siempre y cuando trabajen en equipo con un plan de mantenimiento autónomo para luego pasar al mantenimiento preventivo cuando sea necesario, así se asegura una mayor vida útil de las máquinas.
- Todo operario antes de poner en práctica alguna herramienta dispuesta por la empresa, debe ser fundamental la capacitación de esta forma se evitará riesgos mecánicos por falta de conocimiento, sin embargo, siempre el supervisor del área junto a técnicos de mantenimiento, deben de inspeccionar las tareas y maniobras que llevan a cabo sus colaboradores.

Hay que tener en cuenta que toda mejora que aporta a la producción ya sea indirectamente, se debe capacitar, luego estandarizar y esperar que vaya evolucionando al transcurrir de los años y siempre estar innovando con la metodología de Lean Manufacturing.

Como un valor agregado para que el orden y la limpieza de las máquinas sean exitosos, es necesario contar con el apoyo de la herramienta de mejora continua 5S.

Es decir, va de la mano con el mantenimiento autónomo, de igual manera debe de estar capacitado el operario para la ejecución de las 5S que tienen conceptos claves que contribuye al crecimiento de la empresa, siempre y cuando sea correctamente implementado:

- Clasificar
- Ordenar
- Limpiar
- Estandarizar
- Disciplinar

De la misma forma que el mantenimiento autónomo, se involucra directamente a los operarios para llevar a cabo la ejecución de sus principales funciones antes mencionadas, ambas herramientas aportarán a tener el área y las máquinas limpias, salvaguardar la integridad del personal, eliminar desplazamientos innecesarios que genera pérdida de tiempo por el desorden y por no dedicar más atención al cuidado frecuente de las máquinas.

Para la propuesta de reducir tiempo en el *set up* de la máquina, implementando las herramientas mencionadas se detallaría el procedimiento de actividades plasmado en distintas fases:

Fase inicial

1. Compromiso por parte de la alta gerencia y de los departamentos involucrados en la línea de producción Slitter 2.
2. Expandir la capacitación a todo el personal involucrado para implementar las mejoras en el proceso de producción con el fin de que todos tengan claro los conocimientos de cómo aplicar las metodologías para que todos contribuyan al mismo objetivo
3. Se debe escoger un líder que guíe el trabajo en equipo y escoja personal responsable, previamente capacitado para ejecutar las tareas de mejora.
4. Analizar y definir un mismo objetivo para todo el personal involucrado.

Fase de implementación

5. Organizar planes piloto para ir probando la propuesta de implementación de las herramientas planteadas para mejorar el tiempo y obtener resultados que contribuyen a mejorar la producción.

6. Con el seguimiento de las normas del mantenimiento autónomo, permitirá tener óptimas condiciones a las máquinas.

Fase de consolidación

7. Propuesta de aplicar las herramientas de la metodología Lean Manufacturing para aportar a la mejora continua y análisis de resultados.

Con la propuesta de implementar la mejora continua y estandarizar el proceso se podrá medir y mejorar la eficiencia operacional.

Mediante la medición de tiempos de preparación de máquina (*set up*) se analizará la capacidad real del equipo para estandarizar el tiempo del proceso mediante un estudio cronometrado.

Capacitar e instruir al personal con el plan de mantenimiento autónomo, donde interviene directamente el operario y el técnico de mantenimiento para evitar paradas no programadas que retrasa la producción y afecta la economía de la empresa.

Detallar y presentar los resultados alcanzados

Ejecutado los pasos previos, con la asistencia y apertura de los miembros de alta gerencia de la compañía de soluciones de acero, se procederá a informar y a redactar los resultados alcanzados por la gestión e investigación en un documento aprobado por la UPS (Universidad Politécnica Salesiana).

Plantear soluciones y mejoras

Una vez obtenidos y analizados los resultados, se procederá a plantear la propuesta de mejora a la compañía.

3.8 Cronograma de actividades desarrolladas.

El diseño y el desarrollo del análisis tienen una duración de siete meses, los cuales tienden a detallarse a continuación en la Figura 7.

Actividades	Responsables	Mes 1			Mes 2				Mes 3				Mes 4				
		semana 2	semana 3	semana 4	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 1	semana 2	semana 3		
inspeccionar el proceso a mejorar	William Andrade Julio Ibarra	Sábado 16															
Análisis del Set up para la propuesta de implementación de la herramienta SMED	William Andrade Julio Ibarra		Jueves 21														
Análisis del estudio de tiempo	William Andrade Julio Ibarra			Jueves 28 Viernes 29													
Resultado del análisis aplicando la herramienta SMED en el set up de la máquina	William Andrade Julio Ibarra				Miércoles 3	Jueves 4											
Propuesta de un plan de mantenimiento autónomo	William Andrade Julio Ibarra					Miércoles 10											
Difusión al operario de un plan de mantenimiento autónomo	William Andrade Julio Ibarra					Miércoles 17		Miércoles 24	Jueves 25								
Obtener resultados de las propuesta e implementación de las herramientas de mejora	William Andrade Julio Ibarra									Lunes 1	Martes 2	Miércoles 3					
Redaccion del documento	William Andrade Julio Ibarra											Todo el mes de Marzo					
Sustentación (Defensa del proyecto)	William Andrade Julio Ibarra														Consejo	Consejo	Sustentación

Figura 7. Cronograma de actividades desarrolladas de proyecto técnico
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de la herramienta SMED

4.1.1 Diagramas de flujos de procesos

Fue cronometrado y asentado el tiempo de *set up* de la línea de producción por parte de los autores del proyecto de tesis. Se lo tomó en varias ocasiones una y otra vez la misma actividad para el estudio de este proyecto, una vez que se pasan los registros de los tiempos.

Posteriormente toda la información es registrada en el formato del diagrama de flujo de procesos, en el cual permite observar el tiempo real que los operarios se tardan para cumplir con las nuevas medidas registradas en la carta de armado, para luego verificar el tiempo total.

La Tabla 4 nos muestra el diagrama de flujo de proceso del procedimiento de *set up* con un total de tiempo de 57 minutos y 27 segundos, con 31 actividades de operación realizadas por parte del personal de la Slitter 2, cuya función es convertir la materia prima que viene en bobinas laminadas en caliente o frío y galvanizado en flejes para llevarlas a otra área que tendrá el proceso de tubos como producto terminado.

Cronometrado el tiempo en el procedimiento de *set up* en la Slitter 2 se observó al personal trabajar metódicamente en el armado, desarrollo y calibrado según las nuevas medidas requeridas en la carta de armado, en donde la máquina cortadora se ejecuta el procedimiento antes mencionado, que involucra al operario líder de la línea de producción, es el encargado de manipular los brazos de la máquina para el armado y el responsable de velar por las funciones e integridad de su equipo de trabajo que está conformado por 2 ayudantes más 1 líder.

Toda aquella maniobra es con las máquinas apagadas, pero dejando a la vista falta de orden, limpieza, además de movimientos innecesarios, poco compromiso de uno que otro operario, carecen de un mantenimiento autónomo por parte del operario pero que sea controlado por el departamento de manteamiento y el departamento de seguridad coordine un plan de seguridad en todas las máquinas que denotan poca fiabilidad para el personal involucrado en dicha área.

El líder no debe fallar en el armado y minuciosamente revisar el filo de las cuchillas que no estén deterioradas o en mal estado, tanto al desmontarlas como al montarlas en reiteradas ocasiones lo cual impacta directamente al tiempo.

Según la carta de armado indica si son más de un cuerpo conformado por machos que llevan espaciador, cuchillas, gomas y las hembras solo llevan espaciadores y cuchillas.

Al momento de nivelar y calibrar se evidencia la falta de mantenimiento autónomo y preventivo o un overhaul para evitar un mantenimiento correctivo que conllevan a paradas innecesarias que retrasan la producción.

El líder cuenta con la colaboración de sus dos ayudantes, pero está en la obligación de dar soporte e inspeccionar el procedimiento de ambos colaboradores porque están a su mando en su área, por lo tanto afecta en el tiempo de *set up*, es un trabajo que requiere de seguridad industrial, destreza, experiencia, orden, mantenimiento, sin embargo se evidencia la necesidad de un tablero de porta herramientas, una caja de herramientas, un lugar cercano donde se almacene espaciadoras, cuchillas y gomas.

El diagrama como se muestra en la Tabla 4 está basado con un promedio de 3 cuerpos para el armado, cada cuerpo consta con hembra y macho. Se observó que según el ánimo de los operarios es el avance, esto quiere decir que si están con deseo de trabajar lo hacen en menor tiempo y depende mucho del turno de operarios, un turno se desenvuelve mejor que el otro por actitud.

Recordar que para considerar que es un transporte en el diagrama de flujo debe de ser de 1.50 m ya sea traslado o recorrido de material o piezas.

Luego de terminar el procedimiento la punta del fleje es trasladada de forma mecanizada hasta la mesa de la fosa para verificar que el desarrollo (medida del fleje) sea la correcta para continuar con todo el proceso de bonina a fleje.

Tabla 4. Diagrama de flujo de proceso de la línea de producción Slitter 2

Resumen: Procedimiento de <i>set up</i>		Actual		Propuesto		Área: SLITTER 2
		#	Tpo.	#	Tpo.	Máquina: PROCESO SLITTER 2
○	Operaciones	16	35:42			Personal: 3 Operadores
⇒	Transporte	6	9:94	10:34		El diagrama empieza: 15/09/2021
□	Controles	9	11:08			El diagrama termina: 4/10/2021
D	Esperas	0	00:00			Elaborado por: Autor
▽	Almacenamiento	0	00:00			Fecha: 2/11/2021

Total		31	56:44	56:84	57:24			
No	Actividad	Oper.	Trp.	Ctrl.	Esp.	Alm.	Tpo	Observ
1	Bajar la torre mesa del cortador para girar el brazo.	●	⇒	□	D	▽	0:26	
2	Subir el brazo superior hasta la medida estándar.	●	⇒	□	D	▽	0:42	
3	Proceder sacar la torre del portador	●	⇒	□	D	▽	0:04	
4	Girar los brazos para el armado.	●	⇒	□	D	▽	0:21	
5	Aflojar las tuercas para desarmar.	●	⇒	□	D	▽	2:30	
6	Proceder a retirar espaciadores, cuchillas y gomas.	●	⇒	□	D	▽	3:12	
7	Verificarla última cuchilla que no esté picada y limpiar con una franela.	○	⇒	■	D	▽	1:25	
8	Verificar en la carta de armado nuevas medidas, código, espesor, ancho, materia prima en caliente, frío, galvanizado y el destino a tuberas o perfiladoras. Además del total de toneladas a producir	○	⇒	■	D	▽	1:47	
9	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y lanas para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “macho”)	●	⇒	□	D	▽	5:20	
10	Trasladar los espaciadores y lanas con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 1 “macho”)	○	⇒	□	D	▽	2:03	
11	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un	○	⇒	■	D	▽	1:59	

	fleje defectuoso. (cuerpo 1 “macho”)							
12	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “hembra”)						3:35	
13	Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 1 “hembra”)						1:18	
14	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 1 “hembra”)						1:10	
15	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 2 “macho”)						2:32	
16	Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 2 “macho”)						1:31	
17	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 2 “macho”)						1:10	
18	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 2 “hembra”)						1:32	
19	Trasladar los espaciadores y laines con						1:00	

	las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 2 “hembra”)							
20	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 2 “hembra”)						0:59	
21	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y lanas para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 3 “macho”)						3:42	
22	Trasladar los espaciadores y lanas con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 3 “macho”)						3:03	
23	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 3 “macho”)						0:35	
24	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y lanas para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 3 “hembra”)						3:27	
25	Trasladar los espaciadores y lanas con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 3 “hembra”)						1:39	
26	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 3 “hembra”)						3:25	
27	Se aseguran los brazos ajustando las tuercas						4:30	

28	Se gira el brazo para calibrar.						0:30	
29	Se nivela y se ajusta incluido el cuerpo de seguridad verificando que no se monten las cuchillas.						5:19	
30	Se calibra con filex 1.5 para ratificar que no estén montadas las cuchillas.						0:38	
31	Se levanta la torre de rodillo de arrastre. Para después tener una producción continua						0:40	

Fuente: Elaboración propia

4.2 Tabulación de tiempos de los diagramas de procesos

Una vez realizado el diagrama de flujo se registran los tiempos cronometrados en varias visitas, como se muestra en la Tabla 5 con la finalidad de la tabulación de tiempo es poder detectar el cuello de botella en el procedimiento de *set up*, para analizar en qué parte del procedimiento se puede disminuir el tiempo y así poder mejorar la producción requerida por el departamento de producción.

Por retrasos que se da en lo cotidiano en toda programación de algún proceso y procedimiento, por este motivo se adiciona un 20% como desviación estándar, para (suplir demoras por fatiga, cansancio, lesión, reunión, idas al baño, tomar agua, etc.)

Tabla 5. Tabulación de tiempos para el procedimiento de set up de la línea de producción Slitter 2

FORMATO DE ESTUDIO DE TIEMPO									
PROCESO:	Procedimiento de <i>set up</i>								
FECHA: 03/Junio/2019	HORA INICIO:			HORA FIN:			ELABORADO POR: Julio Ibarra – William Andrade		
ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	PROM	Tiempo Estándar (minutos-segundos)
Bajar la torre mesa del cortador para girar el brazo.	0,26	0,29	0,28	0,24	0,27	0,31	0,30	0,28	0,33
Subir el brazo superior hasta la medida estándar.	0,42	0,47	0,43	0,48	0,43	0,44	0,45	0,45	0,53
Proceder sacar la torre del portador	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,30	0,60	0,16	0,19
Girar los brazos para el armado.	0,21	0,23	0,25	0,23	0,22	0,24	0,22	0,23	0,27
Aflojar las tuercas para desarmar.	2,30	2,55	2,42	2,57	2,20	2,40	2,37	2,40	2,88
Proceder a retirar espaciadores, cuchillas y gomas.	3,12	3,05	2,31	3,00	2,55	3,06	3,20	2,90	3,48
Verificarla última cuchilla no esté picada y limpiar con una franela.	1,25	2,00	1,44	1,30	1,45	1,33	1,29	1,44	1,72
Verificar en la carta de armado nuevas medidas, código, espesor, ancho, materia prima en caliente, frío, galvanizado y el destino a tuberías o perfiladoras. Además del total de toneladas a producir	1,47	2,26	1,58	2,00	1,53	1,49	1,55	1,70	2,04

Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “macho”)	5,20	5,28	5,10	5,40	5,49	4,58	5,03	5,15	6,19
Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 1 “macho”)	2,03	2,22	2,08	2,03	2,01	2,07	2,12	2,08	2,50
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 1 “macho”)	1,59	2,05	2,01	2,16	1,54	1,59	2,31	1,89	2,27
Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “hembra”)	3,35	3,10	3,43	3,49	3,41	3,38	3,33	3,36	4,03
Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 1 “hembra”)	1,18	1,24	1,31	1,19	1,21	1,15	1,26	1,22	1,46
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 1 “hembra”)	1,10	1,15	1,04	1,22	1,09	1,26	1,20	1,15	1,38

Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y lanas para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 2 “macho”)	2,32	2,29	2,34	2,36	2,26	2,41	2,28	2,32	2,79
Trasladar los espaciadores y lanas con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 2 “macho”)	1,31	1,50	1,40	1,22	1,35	1,33	1,29	1,34	1,61
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 2 “macho”)	1,10	1,40	1,30	1,50	1,20	1,22	1,35	1,30	1,55
Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y lanas para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 2 “hembra”)	1,32	1,50	1,35	1,38	1,29	1,43	1,38	1,38	1,65
Trasladar los espaciadores y lanas con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 2 “hembra”)	1,00	1,46	1,37	1,09	1,12	1,14	1,17	1,19	1,43
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 2 “hembra”)	0,59	0,55	0,57	0,55	0,58	0,53	0,56	0,56	0,67

Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y lainas para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 3 “macho”)	3,42	3,51	3,20	3,30	3,13	3,21	3,19	3,28	3,94
Trasladar los espaciadores y lainas con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 3 “macho”)	3,03	3,44	3,15	3,48	3,10	3,08	3,19	3,21	3,85
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 3 “macho”)	0,35	0,29	0,31	0,28	0,38	0,40	0,43	0,35	0,42
Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y lainas para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 3 “hembra”)	3,27	3,45	3,12	3,16	3,14	3,19	3,21	3,22	3,86
Trasladar los espaciadores y lainas con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 3 “hembra”)	1,39	1,55	1,45	1,58	1,40	1,37	1,41	1,45	1,74
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 3 “hembra”)	3,25	3,53	3,22	3,47	3,23	3,22	3,28	3,31	3,98

Se aseguran los brazos ajustando las tuercas	4,30	5,06	4,23	5,00	4,40	4,33	4,35	4,52	5,43
Se gira el brazo para calibrar.	0,30	0,33	0,31	0,32	0,31	0,33	0,34	0,32	0,38
Se nivela y se ajusta incluido el cuerpo de seguridad verificando que no se monten las cuchillas.	5,19	4,51	5,11	4,37	5,03	5,28	5,24	4,96	5,95
Se calibra con filex 1.5 para constatar que no se monten las cuchillas.	0,38	0,34	0,38	0,36	0,37	0,41	0,43	0,38	0,46
Se levanta la torre de rodillo de arrastre. Para después tener una producción continua	0,40	0,52	0,44	0,50	0,43	0,44	0,51	0,46	0,56
TOTAL, CICLO	56,44	61,17	56,98	59,27	56,16	56,92	58,84	57,97	69,56

Fuente: Elaboración propia

4.3 Resultados de tabulaciones de toma de tiempos

A continuación, se muestra la Tabla 6 de resultados obtenidos del diagrama de proceso y tabulación de tiempos, mostrando el tiempo estándar y el cuello de botella en minutos y horas con el fin de mostrar el punto crítico del procedimiento de *set up*, para empezar el análisis de mejora de tiempo.

Tabla 6. Resultados de tabulación de formato de estudio de tiempo

	Procedimiento de <i>set up</i>
Tiempo total estándar (min)	69,56 (1:09:56)
Tiempo total estándar (horas)	1,16
Tiempo total estándar (días laborables)	0.15
Cuello de Botella (Actividad)	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y lainas para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “macho”)

Fuente: Elaboración propia

Identificado el cuello de botella del *set up* del proceso de flejes, es fundamental señalar y describir iniciativas de mejora para implementar en este estudio de tiempo:

- Al momento de armar el desarrollo, ajustar y calibrar el eje o brazo de la máquina cortadora, para disminuir este cuello de botella es primordial dar un excelente mantenimiento autónomo para que todas las piezas incluido el eje estén en buen estado, los espaciadores y las cuchillas deben de estar en buen estado, quincenalmente inventariar cuantas hay en buen estado y las que no, reemplazar por nuevas para no perder tiempo revisando nuevamente las que ya están deterioradas porque además no la separa esto quiero decir las ubican en el mismo lugar donde están almacenadas las de buen estado, sin dejar a un lado que el personal debe de estar capacitado incluso hasta con la máquina es fundamental saber la historia, antigüedad, para una posible sustitución de esta forma se disminuirá el tiempo de mayor duración en el procedimiento de armado y calibración. Ayudará al líder y a los demás operarios a ejecutar el cambio en menor tiempo y con mayor seguridad, disminuyendo posibles retrasos por piezas en mal estado o paros mecánicos por una maquina obsoleta e incluso no será necesario incluir un nuevo operario

porque una vez capacitado el personal con un correcto plan de mantenimiento autónomo más una nueva y mejorada máquina cortadora, y piezas en buen estado separando las buenas con las deterioradas no será necesario introducir más operarios.

4.4 Análisis del Diagrama de Ishikawa

A continuación, se analiza y se detalla las causas con cada uno de sus elementos plasmado en el diagrama, para tener otra perspectiva del problema actual de la empresa.

4.4.1 Máquinas

En este punto se detalla los elementos que afectan a la línea de producción en cada una de sus máquinas.

- **Falta de mantenimiento:** al observar las máquinas que conforman la línea de producción Slitter 2 se evidencia que carecen de limpieza, mantenimiento autónomo, preventivo, conlleva a reflexionar que no cuentan con un correcto plan de mantenimiento, teniendo en cuenta que al descuidar los tipos de mantenimiento afecta directamente a la producción si pasara a un mantenimiento correctivo, por no prevenir se lamenta perdida material, recursos de toda índole de la empresa, incluso afecta el tiempo porque se demora más corregir un daño que se pudo a ver prevenido, todo retraso ya sea por el personal no capacitado, reproceso, falta de un adecuado plan de mantenimiento, es perdida para la compañía. Al mencionar el mantenimiento autónomo es fundamental indicar que el personal u operarios deben de estar capacitados y supervisados.
- **Producción:** las maquinas analizadas son parte de la línea de producción Slitter 2 que cumple la función de producir flejes de la materia prima que son bobinas, para cumplir con la orden de producción diaria, semanal, mensual y anual, sin embargo, al momento del *set up* o preparación de las máquinas para un nuevo procedimiento con nuevas medidas según indique la carta de armado, es donde existe pérdida de tiempo por factores antes mencionado. Es por esta razón que se desea mejorar el tiempo en el *set up* de la Slitter.
- **Máquinas/Materiales obsoletos:** todas las maquinas presentan deterioro ya sea por antigüedad y por falta de mantenimiento o simplemente por descuido, incluso las cuchillas, gomas, espaciadores, laines, etc., se ven en mal estado y sin un adecuado sitio para su almacenamiento cerca o dentro del área. Por seguridad de los trabajadores es fundamental reponer materiales en mal estado y máquinas que ya cumplieron su vida útil

o ejecutar un adecuado plan de mantenimiento para evitar retrasos y pérdidas humanas que afectaría significativamente a la empresa.

4.4.2 Recursos Humanos

Con estos elementos mencionados a continuación, son los que afectan el factor humano por ende se incrementa los tiempos del *set up*.

- **Falta de capacitación:** Muy aparte del personal nuevo que ingresa ya previamente entrevistado, con la respectiva inducción y certificado para ejecutar ordenes de trabajo, se debe seguir con un plan anual de capacitación de por lo menos 2 veces al año, en este caso se evidencia que los operarios carecen de conocimiento del mantenimiento autónomo o simplemente el operario le da poca relevancia a seguir rigurosamente un plan de mantenimiento, por falta de una capacitación profunda que involucre el capital humano se introduzca valores y compromiso para cumplir a cabalidad cada punto tratado en la capacitación. Cabe mencionar que es importante después de cada capacitación evaluar al personal para valorar su nivel de entendimiento y aprendizaje y darle seguimiento a que todo sea cumplido a cabalidad según lo tratado en la capacitación.
- **Sobrecarga de trabajo:** Este punto es importante porque va de la mano con la salud ocupacional del empleado, la ergonomía del trabajador, recordar que son seres humanos que se deben respetar, cuidar, premiar sobre todo valorar, reconociendo su aporte hacia a la empresa, sin embargo hay operarios que por distintas razones no cumplen, ni se concentran para mejorar el procedimiento del *set up*, deben ser capacitados, ayudados, pero en este punto creo que la empresa tiene bien distribuido la carga de trabajo pero hay un grupo de trabajadores que le es irrelevante disminuir el tiempo de *set up*.
- **Desmotivación:** Todo va de la mano, el valor del personal juega un papel fundamental para apuntar a sitaliales de honor por parte de la empresa, seguir liderando el mercado, se debe de reconocer su aporte y más allá de solo premiar, hay que organizar eventos para disipar estrés laboral. Sin descuidar al personal que se presenta a laborar desmotivado por problemas personales porque pueden ocasionar accidentes de trabajo por su desconcentración a la hora de ejecutar funciones de trabajo.

- ¿Poco Personal?: La Slitter 2 cuenta con dos grupos de trabajo con tres operarios incluido el líder por turno, en total 6. En el levantamiento del procedimiento por retraso en el *set up* se pudo evidenciar, que no es por falta de personal, simplemente carecen de capacitación para ejecutar un mantenimiento autónomo, saber a ciencia cierta de que se trata la herramienta SMED en que puede ayudar y tener un plan de mantenimiento para todas las maquinas sin descuidar que el personal se comprometa luego de ser capacitados a seguir rigurosamente con lo expuesto, para mejorar o disminuir el tiempo de *set up*.

4.4.3 Entorno

El entorno contribuye a la imagen de la empresa recibiendo críticas positivas por la estética y ética de todo su personal, con un agradable entorno permite valorar a una planta si es apta para ser una macroempresa con la finalidad de satisfacer la necesidad de los clientes.

- Desorden/Limpieza: al no seguir rigurosamente un programa de mejora continua que incluya la metodología 5S y no cumplir con cada una de sus herramientas da como resultado para los visitantes una planta desorganizada sin normas de higiene y poca seguridad, en pocas palabras no quiere decir que, al tratarse de una empresa de soluciones de acero, se debe descuidar el aseo, recordar que la empresa recibe clientes y practicantes. Entonces cada una de las áreas con sus respectivas máquinas deben de estar impecable para que no obstaculice el movimiento de los operarios, supervisores y cause buena impresión a los visitantes.

4.4.4 Métodos

Al identificar actividades con sus respectivas acciones para ejecutar un trabajo, ayudará a disminuir tiempos en los procesos y procedimientos.

- Procedimientos no definidos: todo proceso y procedimiento se revisa periódicamente con su respectivo registro histórico, que muestran al operario los pasos a seguir para ejecutar una actividad para no afectar los tiempos, siempre y cuando escuchar ideas por parte del personal que innoven o mejoren procedimientos.

4.4.5 Materiales

Sin accesorios y maquinas en buen estado es complicado disminuir tiempo de *set up*.

- Accesorios de máquinas desgastados/deteriorados: Algunos accesorios ya mencionados como laines, cuchillas, gomas, espaciadores, están en mal estado por su desgaste natural, por lo tanto, al momento de calibrar, el operario pierde tiempo identificando que accesorio está en buen estado.
- Partes de máquinas obsoletas: Esto conlleva aun significativo retraso en el *set up* al momento de calibrar porque se encuentra partes de las máquinas deteriorados, en mal estado, se vuelven lento y esto retrasa al operario por lo tanto es pérdida de tiempo innecesario e incluso no se necesita introducir un nuevo operario, lo que se necesita es que las máquinas y accesorios estén en óptimas condiciones para estandarizar procesos y procedimiento y disminuir tiempos de preparación.

4.4.6 Mediciones

Estas mediciones son necesarias para poder medir el desempeño laboral de los trabajadores al realizar las operaciones de forma correcta, permitiendo de esta manera darnos cuenta si alguna de estas debe eliminarse o ser unificada, se encontraron 4 factores.

- Actividades sin estandarizar: Con el diagrama de flujo de procesos, con la propuesta del SMED, el mantenimiento autónomo y con la capacitación del personal incluyendo técnicas de mejora como la metodología 5S y 7 mudas, recién se podrá hacer un análisis del tiempo real de *set up* de la Slitter 2 priorizando que accesorios, herramientas y maquinas estén en buen estado, para disminuir el actual tiempo que es de dos horas y estandarizar un tiempo que esté en los parámetros de tiempo normales que necesita la empresa sin perder más recursos.

Si se lo aterriza según su prioridad de la causa ya sea alta, media o baja, se puede tener una idea de fortalecer las debilidades en el procedimiento con la finalidad de ayudar a reducir el tiempo de preparación.

Prioridad inmediata: debe de ser tratada en el menor tiempo.

Prioridad media: conlleva algo más de tiempo para atender la necesidad de un cambio.

Prioridad leve: no conlleva tiempo sin tanta prisa para realizar un cambio.

A continuación, la Tabla 7 detalla los factores con las respectivas causas, solución, dando prioridad según la necesidad del problema.

Tabla 7. Prioridades de las causas del diagrama de Ishikawa

FACTORES	CAUSAS	SOLUCIÓN	PRIORIDAD
Métodos	Procedimientos no están bien definidos	Analizar y estandarizar procedimientos	Media
	Pasos innecesarios y reiterativos	Eliminar actividades repetitivas	Media
	No cumplen con el tiempo estandarizado	Establecer el tiempo por cada una de las actividades mediante un diagrama de proceso	Inmediata
Mediciones	Poco control en el procedimiento de <i>set up</i>	Supervisar los procesos y procedimiento	Inmediata
	Actividades sin tiempo real estandarizado	Cronometrar el mejor tiempo para estandarizar las actividades.	Inmediata
	Actividades y responsabilidades no designadas	Designar actividades y responsables	Media
Materiales	Piezas, partes y accesorios de las máquinas deterioradas	Inspeccionar e inventariar para sustituir	Media
	Herramientas y piezas para el armado obsoletos y desordenados	Analizar herramientas y piezas en mal estado para reemplazar	Media
	Poca participación del departamento de mantenimiento se evidencia por el estado de suciedad de las maquinas incluso careciendo de mantenimiento autónomo	Elaborar un plan de mantenimiento autónomo controlado por ambos departamentos de producción y mantenimiento	Inmediata
Recursos humanos	Falta de inducción y capacitación a los operarios con herramientas de mejora continua SMED y Mantenimiento autónomo	Plan de capacitaciones semestral dirigido a los operarios y demás personal involucrado en la planta	Inmediata
	Sobrecarga de trabajo a un solo operario en el <i>set up</i>	Equilibrar el trabajo para colaborarse entre operarios	Leve

	Entorno de trabajo desmotivación por parte de algunos operarios	Incentivar y reconocer en charlas a los empleados destacados para motivar y servir de ejemplo a los demás compañeros	Media
	Suficiente personal	No es necesario introducir otro personal si se estandariza el tiempo del <i>set up</i> y el empleado trabaja con actitud, por eso es fundamental el reconocimiento al desempeño	Leve
Entorno	Máquinas en mal estado	Revisar historial de las máquinas para controlar la vida útil	Media
	Espacio poco seguro	Inspeccionar la poca seguridad en las máquinas para no correr riesgos con el personal	Inmediata
	Desorganización en el área	Organizar el área implementando las 5S	Media
Máquinas	Poco Mantenimiento	Realizar y ejecutar un plan de mantenimiento	Inmediata
	Producción	Analizar el cumplimiento del tiempo estandarizado y actitud del personal para cumplir con la carta de armado y orden de producción	Inmediata
	Déficit de Funcionamiento	Controlar que los operarios cumplan a cabalidad las actividades del área por parte del supervisor	Media
	Piezas, materiales, maquinas, deteriorados	Inspeccionar e inventariar para sustituir todo lo innecesario y obsoleto	Inmediata

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 8 nos ayuda a analizar las causas y efectos dentro del procedimiento de la línea de producción, previo al diagrama de Ishikawa.

Tabla 8. Análisis causa - efecto

CAUSAS (Variables Independientes)	EFFECTOS (Variables Dependientes)
Deficiente conocimiento de la herramienta SMED para controlar el tiempo de preparación de la máquina para diferentes medidas de cortes de flejes	Pérdida de tiempo en la preparación de la máquina para diferentes medidas de corte de flejes que afecta el cumplimiento de la producción por ende merma la economía de la empresa
Poco conocimiento de herramientas de mejoras continua que ayudan al rendimiento de la máquina y cumplimiento de la producción de flejes en caliente, en frío o acerados de la planta soluciones de acero para la construcción en la ciudad de Guayaquil	No cumplir con el objetivo de la producción mensual, afectando directamente el ingreso de ventas semanales y mensuales. Dando ventaja a la competencia y perder espacio en el mercado
Temor a proponer nuevas ideas por parte del operario para disminuir tiempo improductivo en el <i>set up</i>	Bajo rendimiento del operario por no ser escuchado, afectando el cumplimiento de la producción
Poco conocimiento del operario del plan de mantenimiento autónomo que permite mantener en óptimas condiciones a la máquina	Impacta negativamente al rendimiento de la máquina por falta de conocimiento del mantenimiento autónomo, estando expuestos a paradas no programadas por daño temporal o permanente
Carecen de capacitación al operario de las herramientas de mejora antes mencionadas	Afecta el rendimiento tanto del operario como a la máquina

Fuente: Elaboración propia

4.5 Análisis del Diagrama de Ishikawa

Desarrollando el diagrama de Ishikawa se analiza las causas y los efectos que impactan directamente a la producción por demora. En la Figura 8, se detallará el cuadro con las causas y efectos y mostrará el diagrama de Ishikawa.

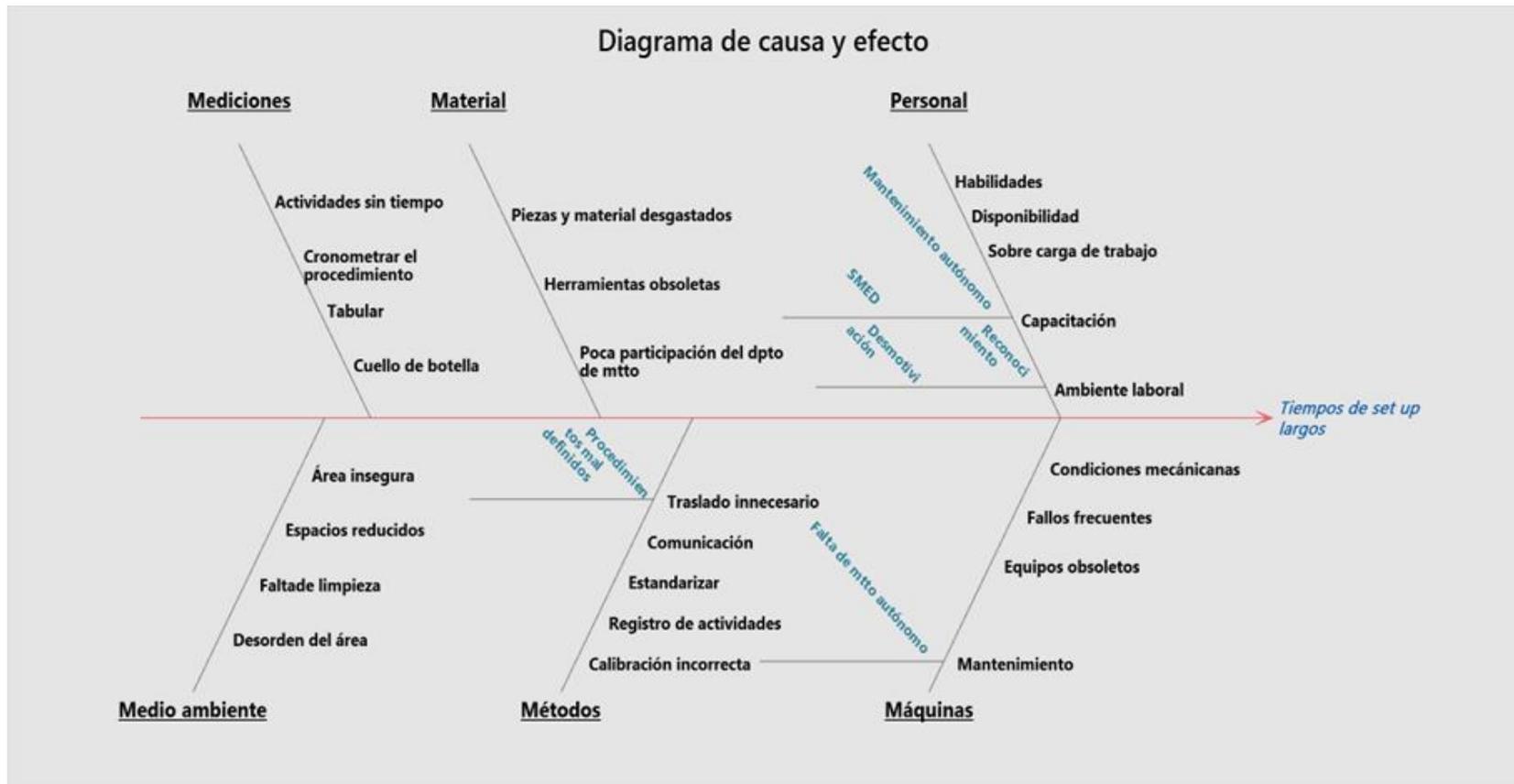


Figura 8. Diagrama de causa - efecto
Fuente: Elaboración propia

4.6 Resultados obtenidos de la propuesta con la herramienta SMED

La metodología SMED tiene como principio fundamental el tiempo de cambio en menos de 10 minutos.

- Se debe de priorizar lo necesario, separar lo útil y descartar lo inútil que impiden una labor normal por obstáculos, esto ayudará a reducir tiempo a causas del desorden de piezas, herramientas, materia prima, producto terminado, etc.
- En el área de trabajo los operarios están en la necesidad de usar herramientas, piezas y manipular máquina que conforman la línea de producción, reportar si no están en buen estado, rotuladas, desgaste de piezas y herramientas desgastadas que no han sido reemplazadas, se pierde tiempo solo en revisar si las piezas sirven para el armado, las máquinas están deterioradas en mal estado y será necesario un overhaul más un mantenimiento correctivo por parte del departamento técnico de mantenimiento que deben de dar el veredicto si la maquina ya cumplió su vida útil por antigüedad y reemplazarla por una de última generación que permitirá disminuir tiempo, salva guardar la integridad física de los operarios e incluso no será necesario incluir a otro operario a la línea de producción, se debe desechar material, piezas o herramientas que no son útil en el procedimiento de *set up* ni para la línea de producción porque ocupan espacio y están desorganizadas impidiendo encontrar y usar lo que sí es de primera mano y necesario.
- SMED busca a toda costa evitar retrasos innecesarios que se pueden controlar con un análisis profundo al área que se va a reducir tiempos, esto implica la integridad física de los operarios, por tal razón es prioridad que las máquinas y herramientas estén en buen estado para evitar accidentes que no solo retrasará una producción más bien implicaría perdida a la empresa tanto económico como su prestigio, un accidente ocurre por no tener aisladas las máquinas para que solo ingrese personal autorizado cuando no estén en marcha, tener todo un plan de mantenimiento y un seguimiento de 5S ayudará al SMED a reducir tiempo por tener todo en orden y en buen estado las máquinas, así se evitará paradas obligatorias por tragedias laboral.
- Todo cambio es necesario comunicar y capacitar al personal para poner en práctica las mejoras que contribuyen a disminuir el tiempo del *set up*, la inducción permitirá que los operarios sigan al pie de la letra con disciplina para reducir tiempo, sin

descuidar el ambiente de trabajo, donde el operario se debe de sentir con voluntad de poner en marcha lo aprendido, cada mes motivar a los operarios que cumplen al pie de la letra con lo expuesto en la capacitación de las herramientas de mejora continua, para lograr motivación de seguir realizando bien el procedimiento de *set up* reduciendo tiempos improductivos.

- Todo ambiente de trabajo va de la mano con la ergonomía del área para esto se debe realizar charlas 3 veces a la semana de temas importantes concerniente al trabajo que se realiza, todos deben de involucrarse en proponer un tema al inicio de cada de estos 3 días por 15 minutos, se puede hablar de seguridad, calidad, mantenimiento, herramientas de mejora continua, valores en el trabajo, etc. Para mantener al personal con menos carga de estrés laboral es necesario todos los días tomarse 10 minutos para un break, donde estaría permitido beber agua, jugo e incluso algo de alimento, con un orden específico para que no se pare la producción ni ningún otro procedimiento, esto quiere decir uno a la vez. Lo que se busca es mejorar la actitud del trabajador para ejecutar ordenes con el mayor de los deseos.
- Personas encargadas de dar seguimiento a las auditorías internas son los supervisores apoyados en el líder de área para velar que se cumpla a cabalidad la propuesta del SMED con sus pasos y beneficios.

En la Figura 9 se muestra las funciones de los supervisores y líderes de área, que llevan a cabo, para fomentar la disciplina, capacitaciones sin descuidar el ambiente laboral.



*Figura 9. Responsables de seguimientos
Fuente: Elaboración propia*

Cuando se desarrolla el nuevo diagrama de procesos, con la implementación de la herramienta de mejora continua, se evidencia la reducción de tiempo en la Actividad # 9 (Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y lainas para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “macho”), en el cual se pudo demostrar donde se generaba el cuello de botella.

Para disminuir este tiempo se utilizó la metodología SMED. Al observar el tiempo de armado del desarrollo, nos percatamos que realizan movimientos y traslados innecesarios.

Se mueven 10 metros, para poder ir a ver las herramientas a usar, pierden tiempo al inspeccionar que los espaciadores estén en óptimas condiciones para su uso, pero ni un solo espaciador está en buen estado, se trasladan varios metros, para traer nuevos espaciadores.

No tener un tablero y una caja de herramienta cerca de la maniobra, además de no estar todo listo, para que no exista retrasos por movimientos al momento de arrancar con el *set up* interno.

Adicional se observó un área desorganizada que carece de limpieza. Otras actividades del armado del desarrollo, donde igual forma, se pudo aplicar la herramienta de mejora continua, fueron en las actividades 12, 15, 18, 21 y 24.

Para disminuir tiempo en las actividades mencionadas, se tuvo un stock de espaciadores en buen estado y nuevos in situ, un tablero y caja de herramientas en el mismo lugar, al momento de que se está procesando la última bobina los operarios ya deben de ir alistando y preparando todo al momento de empezar una nueva medida según la carta de armado.

En otras de las actividades que se aplicó SMED fueron en la # 5 y # 27, porque al momento de aflojar y asegurar las tuercas de los brazos de la máquina cortadora, se lo realizaba con herramientas tradicionales, por ende, siguiendo con el ejemplo de la fórmula 1, se empezó a usar herramientas neumáticas e hidráulicas, muchas de ellas recargables y otras de aire comprimido, para ajustar inmediatamente las tuercas o desajustar y no perder tiempo con las llaves habituales, usadas en siglos pasados.

Tabla 9. Diagrama de flujo de proceso de la línea de producción Slitter 2 - Disminución de tiempo después de la mejora

Resumen: Procedimiento de set up		Actual		Propuesto		Área: SLITTER 2		
		#	Tpo.	#	Tpo.	Máquina: PROCESO SLITTER 2	Personal: 3 Operadores	
○	Operaciones	16	28:30					
⇒	Transporte	6	9:94	10:34				El diagrama empieza: 15/09/2021
□	Controles	9	11:08					El diagrama termina: 4/10/2021
D	Esperas	0	00:00					Elaborado por: Autor
▽	Almacenamiento	0	00:00					Fecha: 2/11/2021
	Total	31	49:32	49:72	50:12			
No	Actividad	Oper.	Trp.	Ctrl.	Esp.	Alm.	Tpo	Observ
1	Bajar la torre mesa del cortador para girar el brazo.	●	⇒	□	D	▽	0:26	
2	Subir el brazo superior hasta la medida estándar.	●	⇒	□	D	▽	0:42	
3	Proceder sacar la torre del portador	●	⇒	□	D	▽	0:04	
4	Girar los brazos para el armado.	●	⇒	□	D	▽	0:21	
5	Aflojar las tuercas para desarmar.	●	⇒	□	D	▽	1,21	
6	Proceder a retirar espaciadores, cuchillas y gomas.	●	⇒	□	D	▽	3:12	
7	Verificarla última cuchilla que no esté picada y limpiar con una franela.	○	⇒	■	D	▽	1:25	
8	Verificar en la carta de armado nuevas medidas, código, espesor, ancho, materia prima en caliente, frío, galvanizado y el destino a tuberías o perfiladoras. Además del total de toneladas a producir	○	⇒	■	D	▽	1:47	
9	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando	●	⇒	□	D	▽	3,31	

	un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “macho”)							
10	Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 1 “macho”)	○	➡	□	D	▽	2:03	
11	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 1 “macho”)	○	⇒	■	D	▽	1:59	
12	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “hembra”)	●	⇒	□	D	▽	3,09	
13	Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 1 “hembra”)	○	➡	□	D	▽	1:18	
14	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 1 “hembra”)	○	⇒	■	D	▽	1:10	
15	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 2 “macho”)	●	⇒	□	D	▽	2,09	
16	Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 2 “macho”)	○	➡	□	D	▽	1:31	
17	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el	○	⇒	■	D	▽	1:10	

	filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 2 “macho”)							
18	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 2 “hembra”)						1,14	
19	Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 2 “hembra”)						1:00	
20	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 2 “hembra”)						0:59	
21	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 3 “macho”)						2,2	
22	Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 3 “macho”)						3:03	
23	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 3 “macho”)						0:35	
24	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 3 “hembra”)						3,12	

25	Trasladar los espaciadores y lanas con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 3 “hembra”)	○	→	□	D	▽	1:39	
26	Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 3 “hembra”)	○	⇒	■	D	▽	3:25	
27	Se aseguran los brazos ajustando las tuercas	●	⇒	□	D	▽	3,49	
28	Se gira el brazo para calibrar.	●	⇒	□	D	▽	0:30	
29	Se nivela y se ajusta incluido el cuerpo de seguridad verificando que no se monten las cuchillas.	●	⇒	□	D	▽	5:19	
30	Se calibra con filex 1.5 para ratificar que no estén montadas las cuchillas.	○	⇒	■	D	▽	0:38	
31	Se levanta la torre de rodillo de arrastre. Para después tener una producción continua	●	⇒	□	D	▽	0:40	

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 9, con 31 actividades, aplicado las herramientas de mejora continua, en el procedimiento de *set up*, en la primera toma de tiempo del diagrama de flujo de procesos, da como resultado, una disminución de tiempo de 07:12 minutos.

Tabla 10. Tabulación de tiempos para el procedimiento de set up de la línea de producción Slitter 2 - Disminución de tiempo después de la mejora

FORMATO DE ESTUDIO DE TIEMPO									
PROCESO:	Procedimiento de <i>set up</i>								
FECHA: 03/Junio/2019	HORA INICIO:			HORA FIN:			ELABORADO POR: Julio Ibarra – William Andrade		
ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	PROM	Tiempo Estándar (minutos-segundos)
Bajar la torre mesa del cortador para girar el brazo.	0,26	0,29	0,28	0,24	0,27	0,31	0,30	0,28	0,33
Subir el brazo superior hasta la medida estándar.	0,42	0,47	0,43	0,48	0,43	0,44	0,45	0,45	0,53
Proceder sacar la torre del portador	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,30	0,60	0,16	0,19
Girar los brazos para el armado.	0,21	0,23	0,25	0,23	0,22	0,24	0,22	0,23	0,27
Aflojar las tuercas para desarmar.	1,21	1,17	1,50	1,47	1,33	1,25	1,42	1,34	1,60
Proceder a retirar espaciadores, cuchillas y gomas.	3,12	3,05	2,31	3,00	2,55	3,06	3,20	2,90	3,48
Verificarla última cuchilla no esté picada y limpiar con una franela.	1,25	2,00	1,44	1,30	1,45	1,33	1,29	1,44	1,72
Verificar en la carta de armado nuevas medidas, código, espesor, ancho, materia prima en caliente, frío, galvanizado y el destino a tuberías o perfiladoras. Además del total de toneladas a producir	1,47	2,26	1,58	2,00	1,53	1,49	1,55	1,70	2,04

Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “macho”)	3,17	3,12	3,31	3,53	3,21	4,07	3,22	3,38	4,05
Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 1 “macho”)	2,03	2,22	2,08	2,03	2,01	2,07	2,12	2,08	2,50
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 1 “macho”)	1,59	2,05	2,01	2,16	1,54	1,59	2,31	1,89	2,27
Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “hembra”)	3,09	2,36	3,02	2,51	2,34	2,29	2,23	2,55	3,06
Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 1 “hembra”)	1,18	1,24	1,31	1,19	1,21	1,15	1,26	1,22	1,46
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 1 “hembra”)	1,10	1,15	1,04	1,22	1,09	1,26	1,20	1,15	1,38

Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 2 “macho”)	2,09	2,04	2,07	1,58	1,43	1,54	1,49	1,75	2,10
Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 2 “macho”)	1,31	1,50	1,40	1,22	1,35	1,33	1,29	1,34	1,61
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 2 “macho”)	1,10	1,40	1,30	1,50	1,20	1,22	1,35	1,30	1,55
Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 2 “hembra”)	1,14	1,11	1,16	1,02	1,18	1,01	1,17	1,11	1,34
Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 2 “hembra”)	1,00	1,46	1,37	1,09	1,12	1,14	1,17	1,19	1,43
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 2 “hembra”)	0,59	0,55	0,57	0,55	0,58	0,53	0,56	0,56	0,67

Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 3 “macho”)	2,20	2,48	2,37	3,03	3,01	2,29	2,28	2,52	3,03
Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, el macho lleva gomas. (cuerpo 3 “macho”)	3,03	3,44	3,15	3,48	3,10	3,08	3,19	3,21	3,85
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 3 “macho”)	0,35	0,29	0,31	0,28	0,38	0,40	0,43	0,35	0,42
Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 3 “hembra”)	3,12	2,49	3,01	2,47	2,56	3,17	3,07	2,84	3,41
Trasladar los espaciadores y laines con las medidas exactas, la hembra no lleva gomas. (cuerpo 3 “hembra”)	1,39	1,55	1,45	1,58	1,40	1,37	1,41	1,45	1,74
Se traslada la cuchilla al brazo verificando que el filo de la cuchilla no esté golpeado para no tener un fleje defectuoso. (cuerpo 3 “hembra”)	3,25	3,53	3,22	3,47	3,23	3,22	3,28	3,31	3,98

Se aseguran los brazos ajustando las tuercas	3,49	3,01	3,11	3,15	2,58	3,04	2,56	2,99	3,59
Se gira el brazo para calibrar.	0,30	0,33	0,31	0,32	0,31	0,33	0,34	0,32	0,38
Se nivela y se ajusta incluido el cuerpo de seguridad verificando que no se monten las cuchillas.	5,19	4,51	5,11	4,37	5,03	5,28	5,24	4,96	5,95
Se calibra con filex 1.5 para constatar que no se monten las cuchillas.	0,38	0,34	0,38	0,36	0,37	0,41	0,43	0,38	0,46
Se levanta la torre de rodillo de arrastre. Para después tener una producción continua	0,40	0,52	0,44	0,50	0,43	0,44	0,51	0,46	0,56
TOTAL, CICLO	50,61	52,31	51,15	51,91	48,48	50,11	51,09	50,81	60,97

Fuente: Elaboración propia

Se tomó nuevamente el tiempo en 7 ocasiones, como se observa la Tabla 10 en ambos turnos y observando la predisposición y actitud de los operarios al llevar a cabo la implementación de mejora continua. Comparando el total del ciclo anterior de las 7 muestras, con el actual, nos da como disminución de tiempo de 8,19 minutos.

Tabla 11. Resultados de tabulación de formato de estudio de tiempo – Disminución de tiempo

	Procedimiento de set up
Tiempo total estándar (min)	60,97 (1:01:37)
Tiempo total estándar (horas)	1,02
Tiempo total estándar (días laborables)	0.13
Cuello de Botella (Actividad)	Armar el desarrollo con espaciadores utilizando un calibrador y laines para completar los decimales que hagan falta. (cuerpo 1 “macho”)
Tiempo de Cuello de Botella (min)	4.05
Tiempo de Cuello de Botella (horas)	0.07

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 11, en el cuello de botella se observó una disminución de 2,14 minutos al implementar la metodología SMED. Por lo tanto, se indica que se debe seguir utilizando aquella herramienta, con el objetivo de una mejora continua.

4.7 Resultados obtenidos de la propuesta del mantenimiento autónomo

Etapa Inicial

1. Compromiso del personal

En el área se evidencia la falta de dedicación en mantenimiento de las máquinas, por lo tanto, están expuesto a mantenimientos correctivos por paradas innecesarias de las máquinas que con un plan de mantenimiento incluyendo al autónomo podría evitar un correctivo que afecta a la producción e impacta negativamente a la economía de la empresa. Por este descuido están propenso a que impacte la carta de armado y la producción mensual.

Todo plan de mantenimiento se debe de registrar para llevar un control del estado actual de las máquinas, apoyándose en el historial de cada una de ellas, de esta manera se sabrá que maquina necesita mantenimiento más continuo en el año y que tipo de mantenimiento se le recomienda, Por esta razón es fundamental llevar un registro por cada máquina para evitar riesgos físicos al empleado y paradas por daños, es lo que se debe evitar a toda costa un

mantenimiento correctivo, por esta razón el mantenimiento autónomo y preventivo juegan un rol necesario e importante para la estabilidad y continuidad de la producción semanal, mensual y anual.

Fue prioridad comunicarle el estado de las máquinas y el beneficio que implica si ejecutan el mantenimiento autónomo para reducir el mantenimiento preventivo y erradicar el correctivo, con todos comprometidos la empresa mejorará en el rendimiento mensual de producción e incluso la imagen de un área limpia en orden sus máquinas en buen estado, sin suciedad sin peligro para los operarios, entonces se podrá hablar del compromiso por parte de todo el personal de la planta para que marche sobre ruedas toda mejora a corto y largo plazo, sin la voluntad y el compromiso de trabajar en equipo no se podrá lograr la ejecución exitosa de las herramientas de mejora continua.

2. Inducción de la herramienta a implementar

Es necesario capacitar previamente al personal de la Slitter dos para que ejecuten la idea principal del mantenimiento autónomo, para esta herramienta se involucra directamente como autor principal a los operarios y deben tener el conocimiento de las tareas a realizar e incluso se podrá demostrar con ejemplos y videos el peligro que se exponen si una maquina carece de mantenimiento autónomo por alguna falla repentina, por no comunicar con tiempo si escuchan ruidos que no corresponden a lo normal u olores que comúnmente no se percibe, es por esta razón que el operario debe ser previamente capacitado para que el personal tenga conocimiento de las funciones a ejecutar y no tengan dudas. Es necesario recordar que si no hay voluntad por parte del operario y un buen ambiente laboral no se podrá ejecutar correctamente las propuestas.

3. Elección de grupos responsables.

Para un funcionamiento apropiado de la herramienta de mantenimiento autónomo se otorga responsabilidades a todo el personal que labora en la Slitter 2 desde el líder hasta el novato, recordar que el mantenimiento autónomo empieza por uno mismo, para colaborar con el departamento de mantenimiento, evitar paradas no programadas, salvar guardar la integridad física del personal, dar una buena imagen por estética de las máquinas, etc.

Sin embargo, es necesario que el supervisor de producción, el líder de mantenimiento y el líder del área tengan funciones y responsabilidades:

a. Supervisor de producción

- Tener conocimiento de los pasos a seguir para ejecutar el mantenimiento autónomo.
- Supervisar y controlar el mantenimiento a realizar a las máquinas de la línea de producción.
- Llevar un control y registro del antes y después de poner en marcha el mantenimiento autónomo.
- Gestionar todo el pedido o requerimiento de material y herramientas para el operario.
- Programar y organizar las actividades a realizar por parte del personal.
- Fomentar el liderazgo y compromiso al operario para una mejor ejecución de las actividades y ambiente laboral.

b. Líder de la línea de producción Slitter 2

- Informar fallas o dificultades que se presenten día a día en la ejecución del mantenimiento autónomo a las máquinas.
- Llevar control de las mejoras y avances al implementar la herramienta de mantenimiento.

c. Ayudantes del área

- Poner en marcha las actividades designadas por el líder de la Slitter 2 siguiendo la programación dada por el supervisor.
- Informar al líder si hace falta solicitar material de limpieza para ejecutar el mantenimiento autónomo. A su vez el líder recoge toda la información de pedidos para notificar al supervisor de lo que hace falta.
- Recordar que solo se debe de realizar reparaciones menores y que dispongan del conocimiento que se le impartió en la capacitación.

4. Política, metas y objetivos.

Aprobados las herramientas de mejoras para mejorar puntos críticos, se podrá plantear la siguiente política:

“El personal de la línea de producción Slitter 2 promueve el liderazgo, el trabajo en equipo y voluntad de hacer bien su trabajo, para encontrar la mejora continua, logrando seguridad y un alto rendimiento en las máquinas ”

La empresa debe comprometerse a ejecutar dicha política comprometiéndose en lo siguiente:

- Difundir la información del mantenimiento autónomo en todas las áreas de la empresa.
- Programar charlas y capacitación para ejecutar correctamente la herramienta, todo el personal debe tener conocimiento del mantenimiento autónomo.
- Cumplir con las actividades programadas del mantenimiento autónomo en todas las líneas de producción de la planta.

ETAPA DE IMPLEMENTACION

5. Inicio de Implementación

En la capacitación se mostrará las actividades menores de mantenimiento que puede realizar el operario esto no implica que debe enfocarse solo en una actividad por eso es necesario que las actividades sean programadas, luego de las dos capacitaciones anuales del mantenimiento autónomo y demás herramientas es necesario evaluar al personal para comprobar su comprensión de las funciones que puede realizar aplicando el mantenimiento autónomo.

Con la ayuda de una auditoría interna se podrá saber el estado actual de cada una de las máquinas, dicha auditoría se la realizará con el personal designado como responsables (supervisor de producción, líder del área y ayudantes) las máquinas que necesiten urgentemente mantenimiento se informarán al departamento de mantenimiento, para que revisen el historial si aún puede seguir funcionando o ya cumplió su vida útil. Las auditorías internas se realizarán semestralmente para llevar el control y registro de las máquinas de las distintas áreas o líneas de producción.

6. Eficacia de los equipos.

Para el rendimiento de las máquinas es necesario saber que el mantenimiento autónomo son reparaciones menores, que implica limpieza, revisar nivel de aceite o lubricación sencilla, percibir olores no frecuentes, ruidos que no es normal escucharlo, y toda manipulación de máquinas se debe registrar el antes y después para que garantice el rendimiento actual de las máquinas, que ayudará a llevar un control del estado real de las máquinas.

ETAPA DE CONSOLIDACIÓN

7. Aplicación neta del mantenimiento autónomo.

Ya analizado y puesto en práctica los puntos acordados con el personal designado previamente capacitado se obtendrá lo siguiente:

- Los operarios de la línea de producción designados ejecutarían el mantenimiento autónomo por cada máquina que conforma la Slitter 2, cabe mencionar que debe existir una programación por parte del supervisor y líder de área que defina hora, día y máquina que se hará el procedimiento, adicional llevar registro del mantenimiento autónomo, para un mejor control de mejora y rendimiento, disminuyendo paradas no programadas por fallas.
- El departamento de producción se reunirá con el departamento de mantenimiento, con la finalidad de plantear mejoras y actividades que contribuyen al desarrollo y crecimiento del autónomo. Las reuniones serán encabezadas por los supervisores de cada departamento involucrado para definir el cronograma y mejoras del procedimiento para su ejecución.

8. Mejora continua y análisis de resultados.

La mejora continua es implementada para solucionar contra tiempos de toda índole en las empresas, llega para dar un respiro a problemas diarios que se presentan en las industrias, sin embargo, para su correcta ejecución se debe de capacitar al personal designado, sabiendo que una mejora es a largo plazo con dedicación y compromiso que involucra a todos los departamentos desde la cabeza principal hasta la persona menos experimentado, teniendo una rigurosa disciplina para ejecutar los pasos del SMED y el mantenimiento autónomo que beneficiará directamente a la mejora de producción por disminución de tiempo y rendimiento de sus equipos que durarán más de lo estipulado. La voluntad juega un papel importante para ejecutar herramientas de mejora continua el rol que conlleva a que funcione o simplemente toda propuesta e innovación quede a un lado, por este motivo no se debe de descuidar el ambiente laboral, reconocer a los elementos destacados que serán líderes y a la vez ejemplos de que si se puede para el resto del personal.

Como existe la frase de “la calidad empieza por uno mismo” así mismo se aplicada para el SMED y el M.A. debe de empezar por cada uno de los protagonistas, para una ejecución con éxito. Donde todo el personal será involucrado y escuchado con propuesta de mejora referente a la mejora de su área.

Tabla 12. Comparación del antes y después del estudio de las herramientas del Lean Manufacturing

ANTES	DESPUÉS
METODOLOGÍA SMED	
Falta de conocimiento y seguimiento a la implementación del SMED para controlar y mejorar los tiempos en el procedimiento de <i>set up</i> de la línea de producción Slitter 2.	El diagrama de flujo y recorrido permitirá identificar y mejorar los tiempos en el proceso productivo.
Actividades innecesarias y repetitivas.	Eliminar actividades innecesarias siguiendo los pasos de mejora del SMED y estandarizar el plan propuesto por la metodología con el fin de reducir tiempos improductivos.
Cuello de botella identificado en el procedimiento de <i>set up</i> .	El diagrama de operaciones permite analizar y mejorar la actividad que conlleva mayor tiempo en el procedimiento para reducir tiempo y estandarizar con un nuevo tiempo cronometrado que servirá para mejorar la producción mensual y anual.
Existe máquinas y piezas en mal estado dentro de la línea de producción que retrasa el procedimiento de <i>set up</i> .	Reposición de pieza y mejoramiento de máquinas para no retrasar el procedimiento por lo tanto no se verá afectado el tiempo de <i>set up</i> .
HERRAMIENTA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
Inexistencia de un mantenimiento autónomo	En coordinación con los departamentos de producción y mantenimiento, se podrá capacitar, ejecutar y dar seguimiento al mantenimiento autónomo por parte de los operarios.
No cuentan con un registro de mantenimiento autónomo en las máquinas de la línea de producción	Se efectuarán formatos para llevar el registro, novedades, adversidades, observaciones donde se registre todas las novedades al instante de ejecutar el mantenimiento autónomo en las máquinas.

Designar operarios para llevar a cabo el mantenimiento autónomo.	Seleccionar operarios aptos con previa inducción para conformar el equipo de mantenimiento autónomo.
No existe un plan de mantenimiento autónomo para evitar que solo se apliquen mantenimientos predictivos y correctivos.	Programación y ejecución de un plan de mantenimiento autónomo para la duración del funcionamiento de las máquinas incluido la estética por la limpieza que erradica el polvo, telarañas, mugre, etc.
El personal carece de conocimiento para ejecutar las labores de mantenimiento autónomo.	Capacitación a todo el personal involucrado en la Slitter incluso inducción al personal nuevo y después designar el equipo de trabajo que ejecutará el autónomo en las máquinas.
Se observa suciedad en las máquinas	Con el mantenimiento autónomo las máquinas llegarían a conseguir un porcentaje de limpieza mayor al anterior e incluso puede contribuir a mejorar el rendimiento, durabilidad, disponibilidad previa al mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 12 muestra un cuadro comparativo del antes y después, en caso de que se aplique la propuesta de implementar las herramientas de Lean Manufacturing del proyecto metodológico y tecnológico.

CONCLUSIONES

1. Al analizar del tiempo *set up* mediante el estudio de tiempo, se observó en que operaciones del procedimiento existe retraso, originando el cuello de botella, para así poder plantear la propuesta de implementación de herramientas de Lean manufacturing que aporta a la mejora continua del procedimiento y procesos dentro de la planta.

2. Con la implementación de la metodología SMED, dentro del procedimiento de *set up* de las actividades con mayor tiempo y donde fue factible aplicar la herramienta de mejora continua, con un conjunto de técnicas, además de automatizar el procedimiento con herramientas neumáticas de aire comprimido, ayudó a disminuir el tiempo.

Aproximadamente existe 3 armados por turno, es decir 6 armados en el día, conformado por dos turnos, con cuatro operarios por turno en el área Slitter 2. Teniendo como resultado de las muestras tomadas luego de la aplicación del SMED un total de 8.19 minutos por los 6 armados aproximados en el día, da un tiempo total de 49,14 minutos, dentro de los 30 días laborales, arrojó un tiempo de 1.474.2 minutos, llevado a hora da un total de 24,57 horas.

Es decir, se logró conseguir un día con una hora en optimización de tiempo en el mes y aún se puede seguir disminuyendo con la mejora continua, para estandarizar el proceso. Con la metodología, fue necesario el aporte de las técnicas de los 7 desperdicios que aportaron a erradicar movimientos innecesarios y las técnicas de 5s para mantener el área limpia y ordenada, evitando tropiezos y pérdida de tiempo por desorden del área.

El personal debe de tener la predisposición e involucrarse en cumplir a cabalidad la mejora de la línea de producción para que no se vean afectado los procesos productivos y cumplir con la carta de armado en el menor tiempo posible.

3. Con la propuesta de un plan de capacitación enfocado al mantenimiento autónomo, sirvió, para disminuir paradas no programadas, que se daban por no tener capacitados a los operarios con el mantenimiento autónomo y así evitando el mantenimiento correctivo.

Es primordial seguir capacitando al personal, para que estén aptos y no poner en riesgo la integridad física al ejecutar el mantenimiento autónomo.

Manteniendo las máquinas y piezas en buen estado, además de tener los equipos y el área limpia y ordenada con el soporte de la metodología 5S dentro del mantenimiento autónomo.

RECOMENDACIONES

Crear un plan de capacitación semestral con la finalidad que el personal esté apto y calificado para implementar las herramientas de mejora continua. Después de cada inducción el personal deberá de ser evaluado para medir el nivel de comprensión de las herramientas SMED y Mantenimiento autónomo.

Realizar seguimientos a los procedimientos de mejora continua propuesto en este proyecto para un mejor desempeño del área Slitter 2 y sirva de modelo para toda la planta.

Llevar un registro en un formato mensual de mantenimiento autónomo donde indique las novedades encontradas por parte del operario líder, tales como: Limpieza, lubricación, ruido extraño, percibir olores no habituales y este reporte será notificado al departamento de mantenimiento que son los encargados de evaluar las novedades mencionadas por parte del departamento de producción.

Se recomienda crear un equipo de trabajo para ejecutar el plan de mantenimiento autónomo y SMED comandado por un líder que a su vez reportará al supervisor de producción.

Continuamente controlar los procedimientos, describirlos con toma de tiempo, plasmado en un diagrama de recorrido y proceso, para seguir eliminando tiempo improductivo e innovar con herramientas y máquinas de última generación para acortar tiempo que se tarda el operario por manipular equipos al modo antiguo. Entre más automatizado estén más eficientes serán.

El supervisor del área Slitter 2 será responsable que su equipo de trabajo tenga un buen ambiente laboral para que exista predisposición en cumplir las tareas de mejora continua designadas, porque ambos turnos de trabajo no tienen el mismo desempeño y compromiso por no tener bien estandarizado el procedimiento con tiempo real obtenido del diagrama propuesto, para que se cumpla rigurosamente, entre menor tiempo realizan dicha operación, se deberá reconocer con méritos al grupo de mejor desempeño y estandarizar el tiempo alcanzado.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Morales, J. (2018). La mejora continua. *Network de Psicología Organizacional Asociación Oaxaqueña de Psicología A.C.*
- Antonucci, I. (7 de Noviembre de 2019). *Atlas Consultora*. Obtenido de Mejora Continua: <http://www.atlasconsultora.com/mejora-continua/>
- Arango Serna, M., Gil Gómez, H., & Zapata Cortés, J. (2009). Logística esbelta aplicada al transporte en el sector minero. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 121-136.
- Barentzen Soberón, J. (13 de Febrero de 2017). *Propuesta de reducción del tiempo de set up usando los principios de Lean Manufacturing para la mejora continua del proceso productivo de una planta de fabricación de redes de pesca industrial*. Obtenido de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC): https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/600488/TesisBarentzen_sj.pdf?sequence=8&isAllowed=y
- Caballero Máximo, B. (Julio – Diciembre de 2014). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de Costos por ordenes de Producción: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/zimapan/contaduria/2014-2/analisis_de_costos.pdf
- Castaño, R. (07 de Julio de 2016). *Cambio Rápido y puesta a punto en minutos. (SMED)*. Obtenido de Fundación CIDETER: <https://cecma.com.ar/wp-content/uploads/2019/04/smed-cambio-rapido.pdf>
- Cevallos Recalde, S., & Mielles Salgado, M. (s.f. de 2019). *Aumento de la disponibilidad de una línea fabricadora de flejes en una empresa productora de soluciones de acero para la construcción*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/133526/D-CD88744.pdf>
- Daza Fernández, J., & Cediell Acevedo, S. (abril de 2013). *Pontificia Universidad Javeriana*. Obtenido de Propuesta de rediseño de estación de corte en ladrilleras San Pablo S.A. Usando manufactura virtual y el método de superficie de respuesta (rsm): <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/10328/CediellAcevedoSergioAndres2013.pdf;sequence=1>
- Espin Carbonell, F. (2018). Técnica SMED. Reducción del tiempo preparación. *Revista de investigación Editada por Área de Innovación y Desarrollo, S.L.*
- Hernández Nariño, A., Nogueira Rivera, D., & Medina León, A. (2009). Relevancia de la Gestión por Procesos en la Planificación Estratégica y la Mejora Continua. *Eidos*, 65-72.
- Huilcapi Masacon, M. (Noviembre de 2017). *Pro Sciences*. Obtenido de Mejora continua, elemento de la cultura empresarial para lograr empresas esbeltas: <https://pdfs.semanticscholar.org/47eb/11ee236fc8034c91bb371c9aca39b0c19de0.pdf>

- Ingeniería industrial. (04 de noviembre de 2019). *¿Qué es el OEE?* Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/eficiencia-global-de-los-equipos-oe/>
- Laverde Diaz, J. C., & Castro Palacios, E. (2016). *Propuesta de mejoramiento productivo para la línea de producción de tijeras para motocicletas en la Empresa SOLOMOFLEX Industrias & Manufacturas*. Obtenido de Universidad Católica de Pereira: <https://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/3901/12/DDMIIND10.pdf>
- Mes-sigma.net. (30 de Noviembre de 2016). *Optimización de la Producción mediante*. Obtenido de OEE en Tiempo Real: <https://mes-sigma.net/Literatura/OEE%20-%20Optimizacion%20de%20la%20Produccion.pdf>
- Moreno Gilse, F., & Velasco Loor, L. (septiembre de 2019). *Análisis de estudio Lean Manufacturing de una empresa productora de insumos y accesorios para la confección textil con visión de mejora en sus procesos de producción*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17879/1/UPS-GT002788.pdf>
- Morillo León, C. (2018). *Aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la productividad en el área de mantenimiento de máquinas herramienta de la empresa AIRTEC S.A. Callao 2018*. Obtenido de Universidad César Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/43703>
- Olivares Checa, H. (2012). *Propuesta de reducción de setup en el área de extrusión para la producción tubos de polietileno de alta densidad en una empresa de plásticos*. Obtenido de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/305906/olivares_ch-rest-delfos.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Pacs. (27 de Abril de 2020). *Mantenimiento Industrial OverHaul*. *TallersPacs*, 1. Obtenido de <https://www.tallerspacs.com/es/que-es-el-mantenimiento-industrial-overhaul/>
- Progressa Lean. (15 de abril de 2014). *¿Qué es SMED?* Obtenido de <https://www.progressalean.com/que-es-smed/>
- Ramdar, J. (Septiembre de 2015). *7 Mudras: Movimientos Innecesarios*. Obtenido de Piramide de la calidad: <http://calidadcliente.blogspot.com/2017/07/7-mudras-movimientos-innecesarios.html>
- Sacristán, F. R. (Diciembre de 2014). *Elaboración y optimización*. Obtenido de <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/98/3064/a3064.pdf>
- Significado. (28 de enero de 2015). *Significado de Mantenimiento preventivo*. Obtenido de <https://www.significados.com/mantenimiento-preventivo/>
- Sourget, L. (14 de Octubre de 2020). *Mantenimiento autónomo en 6 pasos*. Obtenido de Mobility Work: <https://www.mobility-work.com/es/blog/mantenimiento-autonomo-6-pasos>
- Tallers Pacs. (27 de Abril de 2020). *¿Qué es el mantenimiento industrial overhaul?* Obtenido de <https://www.tallerspacs.com/es/que-es-el-mantenimiento-industrial-overhaul/#:~:text=El%20mantenimiento%20industrial%20overhaul%20es,empresa%20dedicada%20al%20sector%20industrial.>

- Vázquez Mosquera, D. (2011). *Propuesta de un plan para la aplicación de la estrategia SMED en el área: “construcción de llantas de camión radial” de la Empresa Continental Tire Andina S.A.* Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>
- Vilana Arto, J. (2010-2011). *Fundamentos del Lean Manufacturing. EOI Escuela de Organización Industrial.*