

Implementación de Estrategias de la Manufactura Esbelta para la Optimización de Procesos de Prensado

Implementation of Lean Manufacturing Strategies for Pressing Process Optimization

Sixto Silverio-Silverio¹, Ilse-Alejandra Estévez-Gutiérrez¹, César-David Rivera-Toscano¹, Eréndida Rivera-Del-Àngel¹

¹ Tecnológico Nacional de México – ITS Tantoyuca, Veracruz, México.

Recibido: 31-10-2021
Aceptado: 12-12-2021

Autor correspondiente: ilse.estevez@itsta.edu.mx

Resumen

Actualmente en las empresas buscan mejorar sus procesos productivos, esto con la finalidad de cumplir en tiempo y forma la entrega de productos terminados o semiterminados a sus clientes. Es por ello que se tiene la necesidad de mejorar la flexibilidad de sus sistemas, así como su productividad y por ende la calidad, que contribuyan en disminuir los tiempos de procesamiento, los niveles de inventario etc. Por ello se puede implementar diferentes métodos del lean manufacturing que contribuyan en minimizar las Mudas (Desperdicios).

En la presente investigación se demuestra la implementación de diferentes métodos como Estudios de tiempos y movimientos, SMED, 5'S con la finalidad de optimizar el tiempo de procesos de dobles en máquinas de prensado de estructuras metálicas. Con la implementación de estos métodos, se busca la minimización de los tiempos en cambios de moldes (Dados) de la máquina de prensado, mejorar la Eficiencia Global del Equipo (OEE) y con ello reducir los desperdicios.

Palabras clave: Optimización, SMED, Manufactura, Tiempos y movimientos.

Abstract

Currently companies seek to improve their production processes, this in order to meet the delivery of finished or semi-finished products to their customers in a timely manner. That is why there is a need to improve the flexibility of their systems, as well as their productivity and therefore quality, which contribute to reducing processing times, inventory levels, etc. For this reason, different methods of lean manufacturing can be implemented that contribute to minimize the Mudas (Waste).

In the present investigation the implementation of different methods such as Time and Movement Studies, SMED, 5'S is demonstrated in order to optimize the time of double processes in pressing machines for metallic structures. With the implementation of these

methods, it is sought to minimize the times in changes of molds (Dice) of the pressing machine, improve the Overall Equipment Efficiency (OEE) and thereby reduce waste.

Keywords: Optimization, SMED, Manufacturing, Times and movements.

Introducción

Actualmente las empresas manufactureras del sector metal mecanico, buscan la optimización de los tiempos en sus líneas de producción, haciendo énfasis en los tiempos de cambio de herramientas (moldes, dados, etc.) para la elaboración de múltiples productos.

De acuerdo con (De La Arada Juarez, 2019) indica que es lógico pensar que para aumentar la satisfacción de nuestros clientes, se debe de disminuir los tiempos al máximo (eficiencia) garantizando calidad y fiabilidad del pedido.

En la presente investigación se demuestra un caso de implementación de métodos del lean manufacturing para la minimización de los tiempos de preparación y procesamiento de piezas en la maquina de prensa de cortina, derivado a la privacidad y confidencialidad de el organismo donde se implementó la investigación, la empresa se denominará como “*Empresa Metal Mecanica*”, en donde se ha identificado que en la maquina prensa de cortina los tiempos de procesamiento requieren mayor tiempo de lo planificado para el procesamiento de los diferentes modelos para los dobles del metal.

Se llevara a cabo la implementción del estudio de tiempos y movimientos, las 5`S y el calculo del OEE (Overall Equipment Effectiveness), esto para determinar la secuencia de trabajo y estandarizar los tiempos y métodos.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevo a cabo en la Empresa metal mecanica, donde se llevo a cabo la optimización del tiempo de proceso en la maquina prensa de cortina, a traves de diferentes métodos del Lean Manufacturing que permitan establecer un método de trabajo para satisfacer la demanda y entrega de los productos al cliente en tiempo y forma.

La “Empresa Metal Mecanica” se dedica a realizar actividades de corte, ensamble, soldadura y pintura y uno de los procesos que tienen mayores problemáticas es el área de proceso de dobles (maquina prensa de cortina), ya que se demora mucho (perdida de tiempo) para efectuar el cambio de herramienta, ya que dichas herramientas

(Datos), no se encuentran en el orden y clasificación adecuada, para identificar con facilidad. Tomando en consideración crear estrategias de flujos de producción continuo, para reducir los tiempos de preparación frecuentes (Krajewski & Ritzman, 2000). Es por ello que se aplicaran métodos que permitan optimizar los tiempos y mejorar los tiempos en el procesos de cambio de herramienta, de los cuales se describian a continuación:

Estudio de Tiempos y Movimientos: El estudio de tiempos es una técnica para medir el trabajo que registra los tiempos y ritmos de trabajo observados correspondientes a actividades de un proceso. Se efectúa en condiciones determinadas y tiene por objeto fijar el tiempo requerido para efectuar el proceso según las normas de ejecución preestablecidas en el estudio de métodos.

El estudio de tiempo supone un impacto en el ambiente laboral, tanto en la toma de datos como en las implicaciones posteriores. Por ello, el factor humano es un elemento esencial que hay que tener en cuenta cuando se aborda un estudio de tiempos (Reina, 2000).

El Estudio de tiempos y movimientos nos permite someter a cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis en orden a eliminar toda operación innecesaria y en orden a encontrar el método más rápido para realizar la operación necesaria, esto abarca desde la normalización del equipo, los métodos y las condiciones de trabajo; se entrena a el operario a seguir el método normalizado (Lopez Peralta , Jimenez Alarcon, & Rocha Perez , 2014).

De acuerdo con lo anterior se efectuó un registro de las actividades y tiempos utilizados en el proceso de operación de dobles de la máquina prensa de cortina. Para el estudio se toma en cuenta la solicitud de la empresa se mostrará y cuidará información. De lo anterior en el proceso de la máquina de prensa de cortina se trabajan con 2 operarios, a los que se les toman calificativos la muestra de los datos obtenidos. La información recabada se realizó en base al estudio de dos operarios quienes realizan las actividades de cambio de herramienta para el proceso de dobles, por lo que posteriormente se muestran dos tablas (Ver Figura 1 y Figura 2) en las cuales se reflejan el trabajo realizado por cada uno de ellos.

REGISTRO DE TIEMPOS Y ACTIVIDADES TR1					
N° de Oper.	Actividades	Distancia recorrida (m)	Hora de inicio	Hora de terminación	Tiempo de ejecución (segundos)
1	Comienza el cambio de herramienta		8:48	8:48:06	0:00:06
2	Camina hacia la máquina para el retiro de la herramienta	4,5	8:48:06	8:48:21	0:00:15
3	Se posiciona al punto de cambio y toma la herramienta	0,8	8:48:21	8:48:23	0:00:02
4	Da un paso enfrente para sostener la herramienta	1,5	8:48:23	8:48:28	0:00:05
5	Retrocede 3 pasos para retirar completamente la herramienta	2,5	8:48:28	8:48:31	0:00:03
6	Camina hacia donde se guarda la herramienta	5,5	8:48:31	8:48:53	0:00:22
7	Da un giro para colocar la herramienta en su lugar (metro)	1,8	8:48:53	8:48:56	0:00:03
8	Se detiene y se posiciona en el lugar de la herramienta		8:48:56	8:49:03	0:00:07
9	Flexiona y deja caer el primer lado de la herramienta		8:49:03	8:49:06	0:00:03
10	Se agacha para poder acomodar el 1 lado de la herramienta		8:49:06	8:49:11	0:00:05
11	Se libera el segundo lado de la herramienta		8:49:11	8:49:15	0:00:04
12	Busca la herramienta requerida para realizar el cambio		8:49:15	8:49:26	0:00:11
13	Toma la herramienta requerida		8:49:26	8:48:28	0:00:02
14	Libera obstáculo la herramienta seleccionada		8:49:28	8:49:50	0:00:22
15	Toma el primer lado de la herramienta (dado)		8:49:50	8:49:56	0:00:06
16	Sostiene el primer lado de la pieza		8:49:56	8:49:59	0:00:03
17	Levanta el primer lado de la herramienta		8:49:59	8:50:06	0:00:07
18	Levanta el segundo lado de la herramienta		8:50:06	8:50:14	0:00:08
19	Se posicionan los operarios para mover la herramienta		8:50:14	8:50:19	0:00:05
20	Trasladan la herramienta hasta el punto de cambio	5,7	8:50:19	8:50:45	0:00:26
21	Posicionan la herramienta para su instalación	0,55	8:50:45	8:50:49	0:00:04
22	Deslizan la herramienta	1,5	8:50:49	8:50:56	0:00:07
23	Fijar la herramienta en la base para asegurar su ubicación		8:50:56	8:51:05	0:00:09
24	Trasladarse hacia el módulo de la máquina	5	8:51:05	8:51:24	0:00:19
25	Se realiza la calibración adecuada de la máquina		8:51:24	8:51:51	0:00:27
26	Accionar		8:51:51	8:51:54	0:00:03

Figura 1. Registro de tiempos y actividades del operario 1 de la máquina prensa de cortina
Fuente: de los autores.

REGISTRO DE TIEMPOS Y ACTIVIDADES TR2					
N° de Oper.	Actividades	Distancia recorrida (m)	Hora de inicio	Hora de terminación	Tiempo de ejecución (segundos)
1	Camina hacia donde se guarda la herramienta	5,5	8:48:31	8:48:53	0:00:22
2	Da un giro para colocar la herramienta en su lugar (metro)	1,8	8:48:53	8:48:56	0:00:03
3	Se posiciona en el lugar donde se guarda la herramienta		8:48:56	8:49:03	0:00:07
4	Flexiona y deja caer el primer lado de la herramienta		8:49:03	8:49:06	0:00:03
5	Se gacha para acomodar el primer lado de la herramienta		8:49:06	8:49:11	0:00:05
6	Se libera el segundo lado de la herramienta		8:49:11	8:49:15	0:00:04
7	Se busca la herramienta requerida para el cambio		8:49:15	8:48:26	0:00:11
8	Se selecciona la herramienta requerida para el cambio		8:49:26	8:49:28	0:00:02
9	Se libera del obstáculo la herramienta seleccionada		8:49:28	8:49:50	0:00:22
10	Toma el primer lado de la herramienta (dado)		8:49:50	8:49:56	0:00:06
11	Deja caer el segundo lado de la herramienta		8:49:56	8:49:59	0:00:03
12	Sostiene el primer lado de la herramienta (dado)		8:49:59	8:50:06	0:00:07
13	Levanta el primer lado de la herramienta		8:50:06	8:50:14	0:00:08
14	Se posicionan los operarios para mover la herramienta		8:50:14	8:50:19	0:00:05
15	Trasladan la herramienta hasta el punto de cambio	5,7	8:50:19	8:50:45	0:00:26
16	Posicionan la herramienta para su instalación	0,55	8:50:45	8:50:49	0:00:04

Figura 2. Registro de tiempos y actividades del operario 2 de la máquina prensa de cortina
Fuente: de los autores.

Para obtener un mayor enfoque de las actividades que no aportan o no agregan valor a el proceso de prensado con la maquina de prensa de cortina se utiliza el diagrama de proceso de flujo de las operaciones y con ello tener un mejor enfoque ya que el:

Diagrama de Flujo de las Operaciones: El diagrama de proceso de operación es la representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de materiales; además puedes comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis.

Los objetivos de este diagrama son proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso. Por lo tanto, permite estudiar las fases del proceso en forma sistemática o mejorar la disposición de los locales y el manejo de materiales con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos y estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo (Freivalds, 2001).

Con base a lo anterior, se muestra el diagrama de proceso de operaciones que se realizan en la maquina prensa de cortina. En ello se refleja las actividades del proceso de dobles con su respectivo tiempo y distancia recorrida. En la Figura 4 se refleja un extracto de la secuencia de proceso del operario 1, y posteriormente la Figura 5 muestra un extracto de la secuencia de trabajo que realiza el operario 2. En todo el proceso de dobles se ejecutan un total de 42 actividades o movimientos, por ambos operarios, y de acuerdo a la muestra realizada el tiempo utilizado es de 6 minutos con 12 segundos para producir un dobles, con una distncia recorrida de 42.89 metros.



Figura 3. En el apartado A se muestra el trabajo en equipo y en el apartado B el trabajo individual.
Fuente: de los autores.

DIAGRAMA DE PROCESO							Reg. N° 1
Nombre del proceso: Dobles de material							Página 1 de 1 Págs.
Plano: N° 1	Pieza: Herramienta	Diagrama N° 1					Operario: 1
Hombre	Material	Departamento					
Se inicia en: Toma de herramienta							
Se termina en: Accionar la máquina							
Elaborado por: Ing. Sixto Silverio Silverio							Fecha: Octubre 2019
Unidad de costo:							Producción Anual:
Actividades	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en (m)	Tiempo de ejecución (segundos)
Comienza el cambio de herramienta	●	■	➔	⌒	▼		00:00:06
Se traslada al punto de cambio de retro de herramienta	●	■	➔	⌒	▼	3.62 m	00:00:15
Se acomoda al punto de cambio y toma la herramienta.	●	■	➔	⌒	▼	0.7 m	00:00:02
Da un paso enfrente para sostener la herramienta	●	■	➔	⌒	▼	0.55 m	00:00:05
Retrocede 2 pasos para retirar completamente la herramienta	●	■	➔	⌒	▼	1.1 m	00:00:03
Camina hacia donde se guarda la herramienta	●	■	➔	⌒	▼	5.5 m	00:00:22
Se da una vuelta (metro)	●	■	➔	⌒	▼	1.8 m	00:00:03
Se posiciona en el lugar de guardado	●	■	➔	⌒	▼		00:00:07
Flexiona y deja caer el primer lado del dado	●	■	➔	⌒	▼		00:00:03
Se agacha para acomodar el primer lado del dado.	●	■	➔	⌒	▼		00:00:05
Deja caer el segundo lado del dado	●	■	➔	⌒	▼		00:00:04
Busca la herramienta requerida	●	■	➔	⌒	▼		00:00:11
Toma la herramienta	●	■	➔	⌒	▼		00:00:02

Figura 4. Extracto de la secuencia de trabajo efectuada por el operario 1
Fuente: de los autores.

DIAGRAMA DE PROCESO							Reg. N° 1
Nombre del proceso: Dobles de material							Página 2 de 2 Págs.
Plano: N° 2	Pieza: Herramienta	Diagrama N° 2					Operario: 2
Hombre	Material	Departamento					
Se inicia en: Toma de herramienta							
Se termina en: Accionar la máquina							
Elaborado por: Ing. Sixto Silverio Silverio							Fecha: Octubre 2019
Unidad de costo:							Producción Anual:
Actividades	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en (m)	Tiempo de ejecución (segundos)
Camina hacia donde se guarda la herramienta	●	■	➔	⌒	▼	.95m	00:00:22
Da una vuelta (metro)	●	■	➔	⌒	▼	5.5 m	00:00:03
Se posiciona en el lugar de la guarda	●	■	➔	⌒	▼		00:00:07
Flexiona y deja caer el primer dado	●	■	➔	⌒	▼		00:00:03
Se agacha para acomodar el primer lado del dado	●	■	➔	⌒	▼		00:00:05
Se deja caer el segundo lado del dado	●	■	➔	⌒	▼		00:00:04
Busca la herramienta requerida	●	■	➔	⌒	▼		00:00:11
Se selecciona la herramienta	●	■	➔	⌒	▼		00:00:02
Se libera de los obstáculos el dado seleccionado	●	■	➔	⌒	▼		00:00:22
Se toma el primer lado de la pieza	●	■	➔	⌒	▼		00:00:06
Se sostiene el primer lado de la pieza	●	■	➔	⌒	▼		00:00:03
Se levanta el primer lado de la pieza	●	■	➔	⌒	▼		00:00:07

Figura 5. Extracto de la secuencia de trabajo efectuada por el operario 2
Fuente: de los autores.

De acorde al análisis anteriormente mostrado podemos definir que para ejecutar el proceso de dobles en la maquina prensa de cortina se requiere de varias operaciones aplicados por dos operarios (Ver. Figura 6) por lo que se puede deducir que para procesar el dobles de una pieza se realizan un total de 25 actividades, 10 transportes, 4 inspecciones, y una demora.

Actividades (Operario 1), (Operario 2)		
Actividad	Símbolo	N° de Actividades
Operación	●	25
Transporte	➔	10
Inspección	■	4
Demora	⌒	1
Almacenaje	▼	

Figura 6. Resultados de la implementación del método.
Fuente: de los autores.

Análisis de Recorrido: Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis, por ejemplo el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etc. Este diagrama se complementa con el diagrama de proceso y permite lograr una mejor distribución en planta al ahorrar distancias y, por tanto tiempos y movimientos, es evidente que el diagrama de recorrido es un complemento valioso del diagrama de proceso, pues en él puede trazarse el recorrido inverso y encontrar las áreas de posible congestionamiento de tránsito, y facilitar así el poder lograr una mejor distribución en la planta (Rodríguez Naranjo, 2012).

De acuerdo a las siguientes imágenes (Figura 7) se puede apreciar el trayecto que realiza el operario 1, y la distancia que recorre para procesar el dobles de una pieza, los números que están en los círculos indican cada operación del operario. En la Figura 8 se refleja la trayectoria del operario 2. Las dos ilustraciones muestran la situación en la que se encontraba el área de la maquinaria (prensa de cortina), en la cual los dos operarios recorren una gran distancia y realizan repetidas actividades, además los dados o herramientas, para procesar el dobles no se están clasificadas para identificarlas fácilmente.

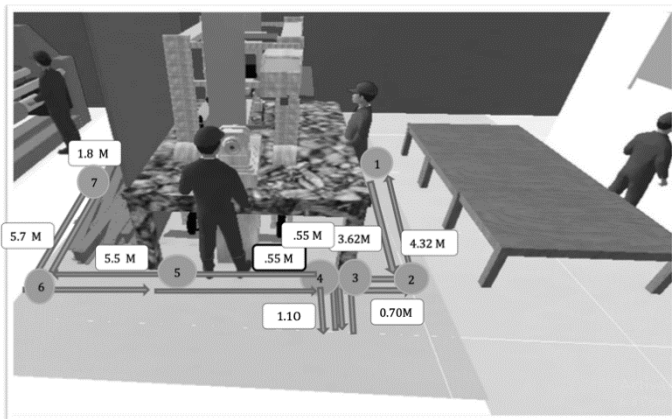


Figura 7. Recorrido del operario 1 para la ejecución de las actividades.
Fuente: de los autores.

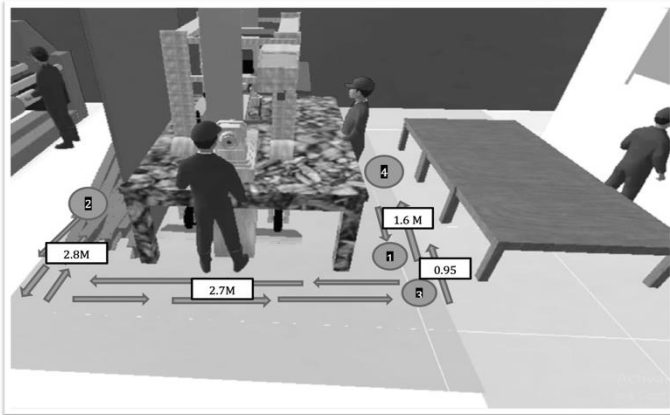


Figura 8. Recorrido del operario 2 para la ejecución de las actividades.
Fuente: de los autores.

En función de lo anterior, se procedió al cálculo del OEE, esto con la finalidad de tener un indicador comparativo de las mejoras que se están proponiendo y validar cuanto aumento el indicador.

De acuerdo con (Casilimas Macias & Poveda Quintero, 2012), indica que el OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones.

OEE (Overall Equipment Effectiveness): Es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua.

La correcta implementación de un sistema OEE repercute directamente en el rendimiento que se va a obtener del proceso de manufactura. Esto se debe a que se reducen los tiempos en los que las máquinas están paradas, se identifican las causas por las que hay pérdidas de rendimiento (cuellos de botella y velocidades reducidas), y aumenta el índice de calidad del producto, minimizando retrabajos y pérdidas ocasionadas por elaboración de producto defectuoso (Rajadell & Sanchez, 2010).

Una vez implantado el OEE, hay que asegurar la estabilidad del sistema a lo largo del tiempo. De esta manera se aprecia cómo afectan determinadas actuaciones a la línea de producción, ya que si el indicador está nivelado y se produce un pico hacia arriba o hacia abajo, se puede decir que es debido a esta actuación realizada, y por tanto hay que proceder a su

corrección si ha sido perjudicial o dejarla como una mejora conseguida. Para poder obtener esta nivelación de la OEE se utiliza la herramienta PDCA (Gutierrez Pulido, 2010).

De lo anteriormente expuesto sobre la importancia del calculo del OEE Mediante la implementación y cálculo de la OEE (Eficiencia General del Equipo) y de acuerdo los datos recopilados de la producción y capacidad de la maquina (prensa de cortina) se dedujo que la capacidad productiva es de 26 unidades (dobles) por hora, y actualmente la maquinaria solo produce 10 unidades por hora, por lo que se obtuvo una eficiencia de 25 % de productividad. Se muestra los cálculos en la Figura 9.

Eficiencia general del equipo anterior			
Planificación	Hrs. Turno = 8 hrs. Capacidad productiva 26/Turno. Total de producción turno al día = 26 x 8 = 208 unidades por turno.		100%
Disponibilidad	Tiempo disponible: 8 hrs por turno.		75%
	Tiempo productivo 6 horas por turno.	2hrs. De averías, cambios y otras actividades.	
Rendimiento	Capacidad productiva es 26 unidades por hora.		38%
	Capacidad real 10 piezas por hora.	16 Piezas por hora por velocidad reducida y micro paradas.	
Calidad	Producción real = 10 piezas/hora. =10*6 = 60 unidades/turno.		88%
	Producción real = 10 unidades/horas * 6 = 60 unidades/turno.	7 unidades con defecto.	
OEE	Disponibilidad * rendimiento *calidad		25%

Figura 9. Calculo del OEE de la maquina prensa de cortina de la empresa metal mecanica. Fuente: de los autores.

Resultados y discusión

Para reducir los tiempos considerables de los tiempos en búsqueda de materiales se aplico las 5's Teniendo como resultado lo siguiente:

Implementación de las 5'S: es una herramienta que trata de establecer y estandarizar una serie de rutinas de orden y limpieza en el puesto de trabajo; se utiliza para configurar y mantener la calidad del entorno de trabajo en una organización. 5S es la metodología de creación y mantenimiento de un lugar de trabajo bien organizado, limpio, de alta eficacia y de alta calidad. El método 5S es una herramienta para mejorar continuamente los procesos de gestión bajo el enfoque de manufactura esbelta, cuya tarea es crear un ambiente de trabajo altamente eficiente, limpio y ergonómico. Las 5S es una metodología que permite organizar el lugar de trabajo, mantenerlo funcional, limpio y con las condiciones estandarizadas y la disciplina necesaria para hacer un buen trabajo (Piñeiro, Esperanza Vivas, & Kavira Flores, 2018).

En las siguientes figuras (Ver Figura 10 y 11) se puede apreciar la situación en la que se encontraba, el área de la maquina (Prensa de cortina), las herramientas no están clasificadas de acuerdo a su tamaño y se encuentran detrás de dicha máquina, por lo que los operarios quienes realizan el proceso de dobles recorren una distancia significativa, considerando que las herramientas o dados tienen un peso alto, que requiere de dos personas para ser trasladado. En la parte frontal de la maquina se encuentra una mesa de trabajo, para el personal, dicha mesa se tomó a consideración para transformarlo en un estante, donde se clasifique las herramientas (dado) de acuerdo a su tamaño para que sea más fácil de moverse. (Ver Figura 11).



Figura 10. Herramientas sin ordenar y sin clasificar.
Fuente: de los autores.



Figura 11. Mesa de trabajo sin utilizar.
Fuente: de los autores.

Para crear un ambiente visual en la línea de producción es necesario el sistema a piso de visualización de ideas,. Implementación de hojas o instrucciones de trabajo. Establecer un área de identificación para poder organizar el área de proceso, revisa los problemas de elaboración, percibe el orden de las herramientas con mayor facilidad.

Implementación del SMED: Tienen por objetivo la reducción del tiempo de cambio (setup). El tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza producida del producto “B”, que cumple con las especificaciones dadas (Rajadell & Sanchez, 2010). La empresa aplica un nuevo método de trabajo como una herramienta para reducir el tiempo de cambio de herramientas (dados) y con esto poder satisfacer el volumen de producción requerido por los clientes actuales. En la siguiente imagen (Ver Figura 12) se refleja la estantería terminada, se puede apreciar de acuerdo a la implementación de las 5 “s” el orden y clasificación de los moldes (dados), la mesa de trabajo anterior, ahora como estantería, facilita al operario el movimiento del mismo, lo que permite realizarlo en menos tiempo, y sin recorrer una gran distancia. Dado a los cambios realizados el proceso de dobles puede ser ejecutado por un solo operario.



Figura 12. Ajuste SMED para la Clasificación de los Dados de acorde a ordenes de proceso y utilización para minimizar los tiempos de búsqueda.
Fuente: de los autores.

Calculo de OEE después de la implementación del nuevo método de trabajo:

Después de implementar el nuevo método de trabajo, secuencia de operaciones, así como la mejora de la distribución del área de la máquina, se realizó nuevamente el cálculo de la OEE, se puede apreciar el cambio obtenido, e incremento de la eficiencia de la máquina de un 25% a 64%. Esto indica que hubo un incremento de productividad significativo en la producción de dobles.

Eficiencia general del equipo actual			
Planificación	Hrs. Turno = 8 hrs. Capacidad productiva 26/Turno. Total de producción turno al día = 26 x 8 = 208 unidades por turno.		100 %
Disponibilidad	Tiempo disponible: 8 hrs por turno.		75%
	Tiempo productivo 6 horas por turno.	2hrs. De averías, cambios y otras actividades.	
Rendimiento	Capacidad productiva es 26 unidades por hora.		88 %
	Capacidad real 23 unidades por hora.	3 Piezas por hora por velocidad reducida y micro paradas.	
	Producción real =23 piezas/hora. =23*6 = 138		

Figura 13. Resultado de la optimización del OEE con el proceso propuesto.
Fuente: de los autores.

A continuación se muestra los variables que fueron optimizados (Ver. Figura 14), se refleja la cantidad antes y después de implementar el método propuesto. En distancia se realizó una reducción del 68 %, en tiempo un 58 % y en movimientos el 45 %.

Variables optimizados del proceso de dobles			
Variabes	Anterior	Actual	Optimizado (%)
Distancia recorrida (metros)	42.89	13.54	68%
Tiempo consumido durante el cambio (Minutos)	00:06:12	00:02:59	58%
Actividades o movimientos por los dos operarios	42	23	45%

Figura 14. Resultado de la optimización del OEE con el proceso propuesto.
Fuente: de los autores.

Conclusiones

El objetivo principal de la investigación se logro, ya que se redujo el tiempo para el cambio de modelo puesto que anteriormente se utilizaba 6 minutos con 12 segundos de cambio y se logro reducir a 2 minutos con 59 segundos lo que significa un 42.7% de tiempo optimizado.

Ademas de reducir un 57.3% el tiempo total de cambio de modelo, esto significa que se perdían 118 minutos con 94 segundos a la semana, el cual equivale a una hora con 59 minutos que se perdían. Por lo que podemos deducir que la empresa metal mecanico, obtuvo un incremento en producción de 39,744 unidades anuales con ingreso de \$ 13, 115,520 anuales después de la optimización del proceso.

De acuerdo a la experiencia en el desarrollo y aplicación de las mejoras, se obtuvo el resultado esperado, ya que hoy en día las empresas requieren de una actualización constante y mejoras en proceso de producción para que sean competitivos ante compañías del mismo giro. Y como Ingenieros Industriales siempre se tendrá la iniciativa para la mejora de una empresa u organización.

Referencias bibliográficas

- Casilimas Macias , C. L., & Poveda Quintero, R. A. (5 de Septiembre de 2012). IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y MEJORAMIENTO OEE (OVERALL EFFECTIVENESS EQUIPMENT) EN LA LÍNEA TUBERÍA EN CORPACERO S.A. Bogota, Colombia. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44291867/IMPLEMENTACION_OEE-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1639114945&Signature=DsTeG6xqeoq~wlbCZVGZ4dUAxRCmFoTM9eWmwrKp26UvZudGzigPdThw9HzUMAXlr3wd9Smy8Omv8njCmid7s5y4yFXGj0P~iUXhFG6g2xg1vB49FsRY7TzMvILwqJo7puXUWu8y
- Lopez Peralta , J., Jimenez Alarcon, E., & Rocha Perez , M. (2014). *Estudio del Trabajo una Nueva Visión* . México: Patria .
- De La Arada Juarez, M. (2019). *Optimización de la Cadena Logística*. España: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Freivalds, N. (2001). *Ingeniería Industrial Métodos Estándares y Diseño de Trabajo* . México: The McGraw-Hill.
- Gutierrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw-Hill.
- Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2000). *Administración de las Operaciones, Estrategia y Análisis* . México: Pearson.
- Piñeiro, A. E., Esperanza Vivas, F., & Kavira Flores, L. (2018). Programa 5S's para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 99-110.
- Rajadell, M., & Sanchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing La Evidencia de una necesidad*. México: Diaz Santos .
- Reina, J. M. (2000). *Control de Tiempos y Productividad*. México: Paraninfo.
- Rodriguez Naranjo, G. J. (16 de Noviembre de 2012). OPTIMIZACIÓN DE MÉTODOS, TIEMPOS DE TRABAJO Y ANÁLISIS ECONÓMICO EN EL ÁREA DE CORTE DE

EMPRESA BOPP DEL ECUADOR S.A. DIVISIÓN PELÍCULA QUITOECUADOR.
Riobamba, Ecuador.