



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO REGIÓN
CARBONÍFERA**

DEPARTAMENTO DE POSGRADO

**“OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS EN EL PROCESO DE CORTE
PRENSA APLICANDO LAS METODOLOGÍAS DEL SIX SIGMA
(DMAIC) Y SMED”**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:

EDGAR MISHAEL GONZÁLEZ ZAMORA

DIRECTOR DE TESIS:

PERLA MAYARA ALCALÁ GONZÁLEZ

SABINAS, COAHUILA, MÉXICO, SEPTIEMBRE 2024

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA
OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA**

Ing. Edgar Mishael Gonzalez Zamora

Estudiante del programa de **Maestría en Ingeniería Industrial** del **Tecnológico Nacional de México Región Carbonífera**, autor de la Tesis, presentada para la obtención de grado de **Maestro(a) en Ingeniería Industrial**:

"Optimización de tiempos en el proceso de corte prensa aplicando las metodologías del Six Sigma (DMAIC) y SMED"

Realizada bajo la dirección de la M.A. Perla Mayara Alcalá Gonzalez

Declaro que:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros. Igualmente asumo, ante el Tecnológico Nacional de México y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

Agujita Coahuila, a 17 de 09 de 2024

Edgar Mishael Gonzalez Z.

Edgar Mishael Gonzalez Zamora



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNM CAMPUS REGIÓN CARBONÍFERA

CARTA DE AUTORIZACIÓN Y ORIGINALIDAD



Agujita, Coah., a 19 de septiembre de 2024

M.I. Abelardo Buentello Duque
JEFE(A) DEL DEPARTAMENTO DE POSGRADO

La presente es para informarle que el (la) C. Edgar Mishael Gonzalez Zamora con número de control 221DM013 alumno(a) del Programa de Maestría en Ingeniería Industrial ha concluido la redacción de su trabajo de **Tesis** titulado:

“Optimización de tiempos en el proceso de corte prensa aplicando las metodologías del Six Sigma (DMAIC) y SMED”

La cual personalmente he revisado su originalidad, por lo que, autorizo su liberación y pido a usted sea tan amable de asignar los miembros del jurado revisor.

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

M.A. Perla Mayara Alcalá Gonzalez



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNM CAMPUS REGIÓN CARBONÍFERA

LIBERACIÓN DE TESIS POR EL COMITÉ TUTORIAL



Agujita, Coah., a 20 de septiembre de 2024

MAYL. ELSA GEORGINA DE LEÓN TREJO
SUBDIRECTORA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

AT'N.: M.I. ABELARDO BUENTELLO DUQUE
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE POSGRADO

De acuerdo a la convocatoria interna de Registro de Propuestas de Proyectos de Investigación realizada por la Subdirección de Posgrado e Investigación a fin de aprobar la sustentación de **Tesis** titulada:

“Optimización de tiempos en el proceso de corte prensa aplicando las metodologías del Six Sigma (DMAIC) y SMED”

Presentado por el(la) pasante C. **Edgar Mishaél González Zamora** con número de control **221DM013** alumno(a) del Programa de **Maestría en Ingeniería Industrial** que ofrece nuestro Instituto.

Hacemos de su conocimiento que éste jurado ha tenido a bien autorizar la sustentación de dicha tesis para los efectos consiguientes.

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

M.A. Perla Mayara Alcalá González
Presidente

M.A. Hilda Cristina Martínez Tovar
Secretaria

M.A. Javier Zertuche Garza
Vocal



M.E.M.S. Juan Francisco Vélez Cantú
Vocal suplente

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
ESTUDIOS SUPERIORES DE
LA REGIÓN CARBONÍFERA
DEPTO. DE POSGRADO**

Dedicatoria

Dedico la elaboración de esta tesis a mi Madre, quien con su amor y sacrificio me a apoyado a la realización de mis objetivos a lo largo de mi vida, enseñándome valores como la responsabilidad y perseverancia para el cumplimiento de mis metas.

A Mario meza, quien además de ser un amigo que conozco desde que estudiamos la carrera, es un colega en el trabajo, el cual me brindo su apoyo y conocimientos para poder desarrollar la investigación.

A Eduardo Gaytan, con quien hace más de dos años tomamos la decisión de estudiar el posgrado, y gracias al trabajo en equipo pudimos completar esta travesía.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a mi directora de tesis Perla Mayara Alcalá Gonzalez, quien dedico tiempo a la revisión de mi investigación durante el desarrollo de esta, dirigiendo así el camino de investigación que debía tomar, además de las múltiples sugerencias e ideas y el dónde obtener fuentes de información confiables, por eso y su compromiso y confianza ofrecida durante el proceso, gracias.

A mis compañeros de trabajo, especialmente a Mario meza, quien me apoyo en algunas etapas de investigación, así mismo me ayudo en el desarrollo de las metodologías, también a Eduardo Gaytan, con quien inicie el reto de la maestría y ya estamos próximos a terminar.

Al doctor Hugo carrillo, quien, con su amplio conocimiento en el desarrollo de investigaciones, y utilización de software para la documentación de la investigación, nos guio durante todo el proceso, desde definir la problemática a la cual orientaríamos la investigación, el como estructurar cada una de las partes de la investigación, el como utilizar el software latex, además de motivarnos durante los dos años de materia para terminar en tiempo y forma, Gracias.

Gracias a mi Madre, quien, con su cariño, sacrificios, enseñanzas, a lo largo de mi vida, formaron la persona que soy ahora, siempre buscando alcanzar mis metas con perseverancia y esfuerzo.

A todas las personas mencionadas y los que han contribuido con algo el desarrollo de mi personalidad, Gracias.

Índice general

Lista de figuras	III
Resumen	IV
Abstract	IV
1. Introducción	5
1.1. Marco referencial	6
1.1.1. Enfoque	6
1.1.2. Aplicación de las metodologías	8
1.1.3. Antecedentes	9
1.2. Planteamiento del problema	10
1.3. Objetivos de la Tesis	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Hipótesis	11
1.5. Alcances y limitaciones	11
1.6. Estructura de la tesis	12
2. Preliminares	13
2.1. Marco teórico	13
2.1.1. Six Sigma	13
2.1.2. DMAIC	14
2.1.3. SMED	15
2.1.4. Ergonomía	15
2.1.4.1. Método RULA	16
2.1.5. Buffer	16
2.2. Marco conceptual	16
3. Descripción del proyecto	19
3.1. Metodología	19
3.1.1. Metodología DMAIC	20
4. Ensayos o casos prueba	25
4.1. Definir	25
4.2. Medir	26
4.3. Analizar	29
4.3.1. Método actual.	30
4.3.2. Análisis SMED	32

4.3.3.	Análisis ergonómico	37
4.4.	Mejorar	39
4.4.1.	Aplicación del BUFFER	39
4.4.1.1.	Resultado del Buffer	41
4.4.2.	Resultados SMED	42
4.4.2.1.	Actividades externas a internas.	42
4.4.2.2.	Ergonomía en la mejora de actividades internas.	43
4.4.2.3.	Resumen aplicación SMED.	46
4.4.3.	Nuevo Método de descarga propuesto	47
4.4.3.1.	Resultados del método propuesto.	48
4.4.3.2.	Nuevo balance de tiempos.	49
4.5.	Controlar	51
5.	Conclusiones y trabajo futuro	53
5.1.	Conclusiones	53
5.2.	Trabajo futuro	53
	Bibliografía	55

Índice de figuras

1.1. Imagen de un troquel (cavidad) extraída de la página oficial de Ontario Die, fabricante de troqueles.	7
1.2. Imagen de dado de corte extraída de la página oficial de Ontario Die, fabricante de troqueles.	7
1.3. Figura de diseño propio.	8
3.1. Calculo de capacidad de corte.	21
3.2. Toma de tiempos	22
3.3. Diagrama de Pareto.	23
4.1. Comparativa de la capacidad actual en el proceso de corte prensa vs. la capacidad requerida.	25
4.2. Actividades necesarias para sacar el dado del rack.	26
4.3. Tendido de material	27
4.4. Prensado de material.	28
4.5. Descarga de material.	28
4.6. Área de corte prensa con los tiempos estándar tomados.	29
4.7. Método actual	31
4.8. Descripción de actividades	32
4.9. Clasificación de actividades	33
4.10. Gráfica de balance.	34
4.11. Análisis SMED	35
4.12. Análisis actividades internas	36
4.13. Análisis RULA.	37
4.14. Imagen que muestra el buffer en cada área.	39
4.15. Antes vs Propuesta de Buffer	41
4.16. Resultados SMED	42
4.17. La imagen muestra el desarrollo de la herramienta, se realizaron pruebas con los operadores para determinar el modelo óptimo.	43
4.18. Diseño óptimo de la herramienta de descarga.	43
4.19. Análisis RULA.	44
4.20. Mejora del proceso con la herramienta ergonómica.	45

4.21. Nuevo tiempo de descarga.	45
4.22. Resumen	46
4.23. Método propuesto	47
4.24. Resultado del método propuesto.	48
4.25. Análisis estadístico.	48
4.26. Nuevo tiempo de descarga.	49
4.27. Nuevo balance	49
4.28. Balance actual vs propuesto.	50
4.29. Datos de Dashboard	51
4.30. Dashboard	52

Resumen

La presente tesis pretende diseñar una propuesta utilizando las metodologías del Six Sigma (DMAIC) Y SMED para reducir los tiempos muertos en las áreas de corte prensa de las industrias automotrices, la investigación se realizó mediante un estudio cuantitativo donde se dividió el área de corte prensa en tendido, corte y descarga, posteriormente se desglosaron las actividades y se tomaron los tiempos de dichas actividades para determinar cuál sería el área de enfoque, una vez que se determinó que en el área de descarga estaba el cuello de botella, se aplicaron las metodologías del SMED y DMAIC, y basándonos en los resultados se diseñaron propuestas para modificar el proceso actual, además de diseñar aditamentos para poder realizar las actividades de una forma más rápida y segura para los operadores, por último se realizaron pruebas piloto con las modificaciones al proceso y las herramientas diseñadas, se tomó el tiempo nuevamente y este arrojó una mejora en el tiempo de descarga de un 11.32 %, lo que representa 32 dados más en un turno completo.

Abstract

This thesis aims to design a proposal using the Six Sigma (DMAIC) and SMED methodologies to reduce downtime in the press cutting areas of the automotive industries, the research was carried out through a quantitative study where the press cutting area was divided into laying, cutting and unloading, then the activities were broken down and the times of said activities were taken to determine which would be the focus area, once it was determined that the bottleneck was in the unloading area, the SMED and DMAIC methodologies were applied, and based on the results, proposals were designed to modify the current process, in addition to designing attachments to be able to carry out the activities in a faster and safer way for the operators, finally pilot tests were carried out with the modifications to the process and the designed tools, the time was taken again and this showed an improvement in the unloading time of 11.32 %, which represents 32 more dies in a full shift.

Capítulo 1

Introducción

A lo largo de los años, las empresas han desarrollado diversas metodologías en busca de la optimización de sus procesos, buscando principalmente la reducción de los costos mediante la eliminación o mejora de los siete desperdicios, los cuales son transporte, inventario, movimiento, espera, retrabajo, sobreproducción y defectos. Debido a estas prácticas, se han desarrollado metodologías como el Six Sigma (DMAIC), SMED, entre otras. Aunque estas metodologías se pueden aplicar a una gran variedad de procesos productivos, el problema radica en que las empresas deben adecuar las metodologías de acuerdo a sus necesidades. Es por ello que se presentará una propuesta de cómo aplicarlo en el proceso de corte de prensa. En la región carbonífera se ubica una maquiladora, la cual está especializada en la industria automotriz, centrada principalmente en la elaboración de cubiertas de asientos. La maquiladora cuenta con diversas áreas donde se procesa la materia prima, pero el presente trabajo está centrado en las áreas donde se corta el material, comúnmente llamada como área de corte. El área de corte puede llevarse a cabo de dos formas dependiendo de los requerimientos de la planta; estos pueden ser corte digital o corte por prensa. El corte digital se realiza por medio de máquinas CNC (Control numérico por computadora), en la cual los operadores cargan los archivos de corte que se generan en diversos softwares y la máquina interpreta las coordenadas de estos archivos para realizar los cortes de los componentes que conforman la cubierta. La ventaja de este método es su flexibilidad para implementar cambios, pues como son archivos digitales, solo se actualizan con la nueva información de corte. Por otro lado, está el método de corte en el cual se centra el presente trabajo de investigación. Es un proceso más tradicional, pues el corte se realiza por medio de una prensa, el cual consiste en colocar troqueles (cavidades) con la forma de los patrones que conforman la cubierta en una tabla de madera (die board), donde las dimensiones dependerán de las especificaciones del cliente. En esta madera se colocan las cavidades, las cuales tienen perforaciones para que se puedan sujetar a la tabla por medio de tornillos para madera. Las cavidades cuentan con un borde afilado con el cual mediante la aplicación de presión realiza el corte del material. Una de las principales ventajas de este método es la cantidad de tiempo necesario para cortar

los materiales, pues a diferencia del corte digital, no afectan variables como cantidad de capas, tipo de material, cortes internos, especificaciones de material, etc. En el presente trabajo de investigación, se analizará el proceso completo de corte prensa, con el objetivo de determinar cuáles son las causas que generan paros y/o demoras en el proceso, lo que reduce el tiempo de corte efectivo. Este análisis se llevará a cabo mediante la aplicación del SIX SIGMA (DMAIC), que mediante la aplicación de su metodología, se desglosaran todas las actividades que conforman el proceso de corte prensa, con la finalidad de determinar los tiempos de cada una, y mediante la aplicación de gráficos como el Diagrama de Pareto se determinarán cuáles operaciones son las que más se demoran, para poder mejorar los tiempos y/o métodos de estas actividades. Además, también se utilizará la metodología del SMED, para analizar los cambios de herramientas físicas al momento de entrar al proceso de corte o bien para el proceso de descarga, buscando cambiar las actividades internas a externas.

1.1. Marco referencial

En el presente capítulo, se presenta la dirección de la investigación, es decir, se determina a qué empresas están dirigidos los resultados alcanzados. También se pretende poner en contexto al lector sobre el entorno en donde se desarrolló la investigación. Sumado a esto, se presentarán antecedentes en donde distintos autores determinan los pasos a seguir para la aplicación de las metodologías Six Sigma (DMAIC) y SMED, y los resultados favorables que alcanzaron otras empresas al aplicar estas metodologías.

1.1.1. Enfoque

La optimización de los procesos industriales siempre ha sido un tema de interés debido a que representa una reducción de costos en las organizaciones. Para dicha optimización se recurre a la ingeniería industrial. El trabajo de ingeniería es el de la simplificación, automatización, innovación y diseño de procesos y tiempos, además de generar eficiencia, productividad y reducción de costos. Al identificar actividades cargadas de ineficiencias, es ideal mejorarlas para hacerlas más fáciles, rápidas y precisas, y, a la vez, menos fatigantes. Palacios (2016)

El presente trabajo está dirigido a las empresas textiles, las cuales cuentan con áreas de corte, donde se procesa la materia prima para producir bienes. El área de corte se refiere a un proceso interno que se lleva a cabo dentro de la empresa, donde se corta la materia prima para la elaboración de los productos. En el caso de las empresas textiles, pueden ser los materiales como las telas que se usan para fabricar ropa o etcétera. Actualmente, el proceso de corte se puede llevar a cabo de diferentes maneras dependiendo de las necesidades de cada empresa. Puede ser corte por máquina de CNC (control numérico por computadora), o corte de prensa. Es importante mencionar que, aunque son maneras

diferentes de realizar el corte de la materia prima, cada uno de los procesos de corte están compuestos por tres etapas principales, las cuales son tendidos, corte y descarga.

En la presente investigación se hablará sobre el corte prensa; a continuación se describirán las etapas del proceso.

- Tendido: En la parte de tendido, es donde se analiza la información emitida de corte; en esta etapa se determinan los materiales a cortar, las capas requeridas según el requerimiento y qué herramienta de corte se utilizará. La herramienta de corte está compuesta por troqueles colocados en una madera. Una vez que se tiene la información, los operadores colocan el material encima de los troqueles 1.1, además se coloca una capa de papel para evitar que el material de la primera capa se dañe o ensucie; posteriormente pasan el herramental de corte a la siguiente estación.

Un troquel de regla de acero está hecho de acero para troqueles, preendurecido y afilado previamente, colocado en una tabla de madera para mantener el encajado. Tiene una tolerancia dimensional de baja a media. La altura del troquel varía de 23,8 a 50 mm (0,937 a 2,0 pulgadas). die international. (s/f). (2024)



Figura 1.1: Imagen de un troquel (cavidad) extraída de la página oficial de Ontario Die, fabricante de troqueles.

Comúnmente se conoce como dado 1.2 de corte a los troqueles colocados en una tabla de madera con un acomodo determinado. Cada cavidad está coloreada según el componente al que pertenezca.

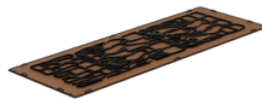


Figura 1.2: Imagen de dado de corte extraída de la página oficial de Ontario Die, fabricante de troqueles.

- Corte: El corte del material se puede ver en el siguiente diagrama.
El corte comienza cuando se coloca el dado en la estación de vacío, en esta



Figura 1.3: Figura de diseño propio.

parte se coloca una estructura de goma encima del herramental y una lámina de polipropileno, posteriormente se extrae el aire a la estructura de goma para que el material se comprima y se mantenga en su lugar al momento de realizar el corte. La estructura de polipropileno es para que la presión de la prensa se aplique de manera uniforme al dado y el material se corte completamente. En la banda transportadora se mueve el dado hasta el área de prensado. Para el corte llega a la prensa Herman Schwabe, en donde la prensa aplica una presión de (3 toneladas) al dado, por lo que el material que está encima de las cavidades es cortado.

- Descarga: en la etapa de descarga, se saca el herramental con el material cortado de la estación de vacío, y los operadores se encargan primero de quitar la capa de papel; después sacan las cavidades de material cortado en donde es separado y apilado según el color de cada cavidad, para posteriormente ser enviado al área de Kanban.

1.1.2. Aplicación de las metodologías

Existen diversas metodologías y herramientas que sirven para analizar un proceso productivo y así determinar áreas de oportunidad; una de estas metodologías es el SIX SIGMA. La filosofía Six Sigma es una filosofía de trabajo y una estrategia que se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y herramientas que permiten eliminar la variabilidad en los procesos. Escobedo (2021) El Six Sigma tiene una gran área de aplicación, es decir, no solo se puede utilizar en la reducción de los defectos de calidad, sino que gracias a su metodología de trabajo, también se pueden establecer tres principales significados de Six Sigma:

- Como métrica, representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación.
- Como filosofía de trabajo, significa una mejora continua de procesos y productos apoyada en la aplicación de una metodología específica, que incluye principalmente el uso de herramientas estadísticas, además de otras de apoyo.
- Como meta, un proceso con nivel de calidad Six Sigma significa estadísticamente

alcanzar un nivel de clase mundial al no producir servicios o productos defectuosos. Escobedo (2021)

Como nos menciona Escobedo (2021), el Six sigma se puede utilizar para la mejora y optimización de los procesos productivos gracias a su metodología DMAIC, tal como se nos muestra en Sanclemente (2021) donde se utiliza la metodología del Six sigma para la optimización de los procesos de una pyme (pequeñas y medianas empresas) que se dedican a la fabricación de cuero utilizado para el calzado.

En conjunto con el six sigma, también se utilizará la metodología del SMED, el cual nos dice: Cuando de cambio de herramientas o tiempos de preparación se trata, no solo cuenta el efecto que ello tiene en los costos vinculados con dichas tareas específicas, los tiempos muertos de producción, el tamaño de los lotes, los excesos de inventarios de productos en procesos y productos terminados, los plazos de entrega y tiempo del ciclo, sino también el prestar mejores servicios, aumentar la cantidad de operaciones y mejorar la utilización de la capacidad productiva. Lefcovich (2009)

En el presente trabajo se utilizará la metodología del Six Sigma para poder analizar el proceso de descarga en busca de la reducción de tiempos, y con el SMED se determinará si el método que se utiliza actualmente es el óptimo en cuanto a la descarga de los componentes y el cambio y desalojo de los dados físicos.

1.1.3. Antecedentes

En el presente trabajo de investigación, se busca analizar los procesos del área de descarga en corte prensa con la metodología del Six Sigma, con la cual se pretende tener una reducción de tiempos, lo que generaría mayor capacidad de corte. Algunos autores como Escobedo (2021) nos afirman que gracias a la metodología DMAIC del six sigma, podemos analizar los procesos en busca de áreas de oportunidad.

En el artículo Ibarra Albuja, Berrazueta Lanas, y cols. (2019), se utiliza la metodología DMAIC para determinar cuáles son las áreas de oportunidad de una empresa, la cual fabrica cobijas. Se propuso un nuevo método de trabajo sin incrementar los tiempos de proceso, logrando reducir en un .85

Otro ejemplo de la aplicación de la metodología DMAIC es en Salazar Zúñiga (2021), donde se realizaron propuestas para la reducción de tiempos muertos en el proceso de limpieza de fruta de una empresa agrícola, en donde una de sus principales propuestas fue conseguir maquinaria adicional para reducir en gran medida los tiempos de traslado de la fruta, además de la elaboración de un plan de control con la asignación de los responsables en caso de algún evento no previsto.

También se utilizará el SMED para analizar las actividades que se realizan en descarga, con la finalidad de eliminar aquellas actividades que no agregan valor al proceso, como en Arias Morán (2021), donde se aplicó la metodología en un proceso textil, y se analizaron los cambios de hilo para la elaboración de productos, reduciendo así las operaciones externas

y obteniendo una propuesta de reducción de tiempo de 689.04 a 586.80 horas.

En el artículo Ulutas (2011) se aplicó la metodología del SMED. Primero se realizó un muestreo de los tiempos de cambio; después, con un diagrama de Pareto, se analizaron qué máquinas son las que representan mayor consumo en tiempos de cambio. Tras el análisis de la información y aplicando el SMED, obtuvieron los siguientes resultados;

- Se redujo el tiempo ineficiente; detectaron el equipo que era necesario para la operación, para evitar perder tiempo buscándolos.
- Desglosaron las actividades que se realizan para el cambio de los moldes, y dividieron las actividades externas e internas; así mismo se tomó el tiempo de cada actividad.
- Se centraron en las actividades como el transporte de la maquinaria, los tiempos de preparación del equipo, limpieza y documentación, además que se trabaja en estandarizar las actividades.
- Se detallaron las actividades externas e internas, además se definieron aquellas en donde se requería que fuera realizada por un solo operador o dos.
- Se realizaron listas de verificación, se analizaron las actividades innecesarias y se realizó la propuesta de eliminarlas. Los niveles de educación y habilidades de los trabajadores también deben considerarse durante la estandarización.

En el artículo López, González, Fernández, de la Cruz Madrigal, y García (2021) se habla sobre la asignación de buffers dentro de una línea de producción con el fin de aumentar al máximo la eficiencia del proceso, y nos presenta el desarrollo de un modelo con el cual determinaron el tamaño del buffer en un sistema de producción en serie, evitando demoras de los procesos y mejorando el flujo de la operación.

1.2. Planteamiento del problema

La problemática en la que se centra la presente tesis es la de detectar y analizar las áreas de oportunidad utilizando las metodologías del Six Sigma (DMAIC) y SMED, para poder reducir los tiempos muertos de los procesos productivos en las industrias automotrices las cuales cuenten con un proceso de corte prensa.

1.3. Objetivos de la Tesis

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora utilizando las metodologías del Six Sigma (DMAIC) y SMED, para poder reducir los tiempos muertos de los procesos productivos en las industrias automotrices las cuales cuenten con un proceso de corte prensa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Utilizar los pasos del Six Sigma (DMAIC) para analizar el proceso.
- Diseñar o determinar los instrumentos de recolección de datos.
- Desglosar las actividades que se realizan en el proceso.
- Registrar los tiempos de las actividades.
- Detectar las actividades que consuman un mayor tiempo aplicando la metodología SMED.

1.4. Hipótesis

H1: Aplicando la metodología de Six Sigma (DMAIC) y SMED, es posible realizar una propuesta de reducción de tiempos muertos, enfocada a las empresas automotrices que cuenten con un área de corte prensa.

H0: Aplicando la metodología de Six Sigma (DMAIC) y SMED, no es posible realizar una propuesta de reducción de tiempos muertos enfocada a las empresas automotrices que cuenten con un área de corte prensa.

1.5. Alcances y limitaciones

Alcances.

- El trabajo se enfoca a las empresas textiles que corten la materia prima en un área de corte prensa.
- La investigación se centra en incrementar la eficiencia en el proceso de corte de prensa.

- Se utilizarán las metodologías del Six Sigma (DMAIC) Y SMED para mejorar un proceso productivo.

Limitaciones.

- Información confidencial de cada planta para mostrar los resultados obtenidos.
- El análisis no contempla el corte con máquinas CNC.
- Comparar los resultados obtenidos en una empresa similar.

1.6. Estructura de la tesis

- Capitulo 1 : En el primer capítulo se pretende justificar el porqué del proyecto mediante la realización del planteamiento del problema. Se generaron las hipótesis, objetivos del proyecto y utilizando información de diversos autores para determinar si el proyecto tiene sustento teórico. Además, se determinan las metodologías a utilizar para realizar la investigación.
- Capitulo 2: En este apartado se habla sobre el desarrollo de las metodologías del DMAIC y el SMED, de las cuales se describe que es cada metodología, así como la propuesta de los autores para aplicarlas en un proceso productivo. Así mismo, se consideran los beneficios potenciales y los retos para una correcta implementación.
- Capitulo 3: En esta sección se habla sobre cómo se lleva a cabo el desarrollo de las metodologías en el tema de investigación de la tesis; primero se habla de cómo se aplicará la metodología DMAIC en el área de corte prensa en conjunto al SMED para elaborar la propuesta de reducción de tiempos utilizando dichas metodologías.
- Capitulo 4: Se realizan pruebas con los métodos establecidos en la tesis para determinar si se tiene alguna mejora en el proceso de producción. Se analizan los resultados obtenidos vs. los datos que se tomaron antes de realizar las mejoras.
- Capitulo 5 : Si las pruebas arrojan resultados favorables, se documentarán los nuevos procesos para su posterior validación y aprobación de las áreas involucradas, para dejar el nuevo método establecido.

Capítulo 2

Preliminares

En este apartado se hablarán sobre el desarrollo de las metodologías del DMAIC y SMED, de las cuales se describirá qué es cada metodología, así como la propuesta de los autores para aplicarlas en un proceso productivo. Así mismo se consideran los beneficios potenciales y los retos para una correcta implementación.

2.1. Marco teórico

2.1.1. Six Sigma

Inicialmente, el Six Sigma es utilizado para reducir los defectos por millón en un proceso productivo Escobedo (2021), pero algunos de los beneficios secundarios de aplicar la metodología son la reducción de tiempos, por ende, de costos, pues se analiza el proceso completo en busca de áreas de oportunidad. El Six Sigma se puede aplicar prácticamente en cualquier proceso productivo y/o de servicio, pero no es un proceso sencillo, pues se tiene que asignar un equipo de trabajo donde intervengan miembros involucrados en el área donde se aplicará la metodología del Six Sigma; así mismo, las personas seleccionadas deben conocer el proceso y ser capaces de mejorar. El primer paso para implementar la metodología del Six Sigma es concientizar a los directivos de que aplicar las metodologías pueden llevar a la mejora del proceso productivo, por lo que vale la pena invertir recursos y tiempo para la implementación del mismo. También busca eliminar las ineficiencias de los procesos, creando nuevos procedimientos y/o métodos para hacer el proceso más eficiente y poder tener mayor flexibilidad a la hora de cubrir con los requerimientos de los clientes.

Como se menciona en el artículo Felizzola Jiménez y Luna Amaya (2014), el Six Sigma toma algunos elementos de sus teorías precursoras y la estructura de forma sistemática, creando un enfoque mejorado y con mayor efectividad en la consecución de resultados, cuyo éxito se basa en los siguientes aspectos:

- Se enfoca en los críticos de satisfacción del cliente (CTS);

- Se basa en la ejecución de proyectos de mejora;
- Hace uso intensivo de datos y herramientas estadísticas;
- Los resultados son medibles desde el punto operacional y financiero;
- Su efectividad en la consecución de resultados genera mayor compromiso de la gerencia y las personas;
- Los proyectos son desarrollados por personal capacitado en la metodología (cinturones negros, cinturones verdes o cinturones amarillos);
- Genera un cambio cultural orientado a la excelencia operacional.

Partiendo de esta información, mediante la aplicación de la metodología del Six Sigma, se puede analizar cada una de las partes del proceso de corte prensa, y así detectar las áreas en donde se genera tiempo muerto. Posteriormente, mediante la aplicación del SMED, se analizarán las actividades de cada operación para poder cambiar las actividades internas a externas, así mismo para optimizar o eliminar aquellas actividades que no se puedan cambiar.

2.1.2. DMAIC

Al aplicar la metodología DMAIC (por sus siglas en inglés define, measure, analyze, improve, control; es decir, definir, medir, analizar, mejorar, controlar) en los procesos productivos y o servicios, se puede mejorar de diversas maneras, lo que lleva a una reducción de costos. La primera sería la manera por la cual se diseñó el six sigma que tiene que ver con la reducción de los defectos de calidad y, por ende, quejas, reclamos y devoluciones del cliente; la otra manera sería que, mediante la aplicación de la metodología, se cambia la forma de trabajar, eliminando todo lo que no agrega valor a la operación. Se describirán cada una de las etapas del DMAIC en base a Escobedo (2021):

- Fase de Definir: En esta etapa se deberá determinar el área de oportunidad la cual vaya de acuerdo a las estrategias de la organización; también se determinará el personal capacitado el cual formará el equipo de trabajo.
- Fase de medir: Se hará una descripción detallada del proceso, donde se incluyan las variables resultado y las variables de entrada (parámetros). A partir de esta fase se deberá determinar los sistemas de medición así como la capacidad del proceso.
- Fase de analizar: Se analizan los datos tomados así como los históricos para la comprobación de la hipótesis; se utilizarán herramientas estadísticas para el análisis de la información; con esto se podrá obtener la variable de respuesta (resultado).

- Fase de mejorar: Se determinan las variables de causa y efecto para poder predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento de los parámetros o variables de entrada.
- Fase de controlar: consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido con la implementación del Six Sigma se mantenga una vez implementados los cambios.

2.1.3. SMED

Shingo (1993), define el SMED (Single Minute Exchange Die) como una rigurosa Metodología que analiza con detalle todos los aspectos implicados en el cambio de lote y que, además, los simplifica y organiza. Está basado en la teoría y años de experimentación práctica. Es una aproximación científica a la reducción del tiempo de preparación de máquinas que puede ser aplicada en cualquier fábrica y a cualquier máquina. La técnica SMED contiene tres elementos esenciales que hacen posible lo imposible”. Morales y cols. (2016)

- Un método de pensamiento básico sobre la producción.
- Un sistema realista
- Un método práctico

El concepto de operaciones internas son aquellas actividades que se realizan Cuando la máquina está parada y las externas cuando la máquina está en funcionamiento. El proceso de implantación de la metodología del SMED del Dr. Shingo (1989), consiste en cuatro pasos principales:

- Identificar las actividades internas y las actividades externas.
- Convertir las actividades internas en externas.
- Mejorar todos los aspectos del set-up y eliminar el set-up.

2.1.4. Ergonomía

Como nos menciona Chávez y Silva (2020) en la actualidad las empresas a nivel mundial buscan la mejora tecnológica para el incremento de la productividad y generar mayores márgenes de ganancia; es por ello por lo que se están implementando nuevos métodos para la mejora de los procesos tomando en cuenta la satisfacción de los empleados, ya que los trabajadores son la clave para el aumento de la productividad. Es por ello por lo que la ergonomía estudia la interacción entre el empleado y la maquinaria, el entorno donde efectuar las actividades de esfuerzo físico o mental, buscando mejoras en las condiciones laborales y facilitando la realización de las tareas.

Con la aplicación de la ergonomía, se busca el identificar, analizar y reducir los riesgos laborales, adaptando el puesto y condiciones de trabajo al operador. Aunque el principal objetivo de la ergonomía es el de la seguridad y salud del personal, también es útil para el incremento de la productividad, pues con los estudios ergonómicos se puede determinar si los métodos de trabajo son los adecuados para una determinada operación, así mismo el detectar si es necesario el utilizar herramientas para llevar a cabo las actividades.

2.1.4.1. Método RULA

El método RULA (por sus siglas en inglés: Rapid Upper Limb Assessment) fue creado en el año de 1993 por el Dr. Lynn McAtamney y el Profesor E. Nigel Corlett, de la Universidad de Nottingham, Inglaterra, que fue publicado en la revista Applied Ergonomics. Esta herramienta no requiere equipo especial para proporcionar una evaluación rápida de las posturas. Se utiliza un sistema de Codificación para generar una lista de acciones que indica el nivel de intervención necesario para reducir los riesgos de lesiones. Orona, Sánchez, Zepeda, y Reyes (2023)

Como se nos menciona, el método RULA es un método utilizado en ergonomía para evaluar los posibles riesgos ergonómicos de las extremidades superiores (brazos, muñecas, espalda, cuello etc.) a los cuales los trabajadores están expuestos durante la realización de cierta actividad, además evalúa los niveles de carga de distintas partes del cuerpo considerando las postura utilizada, duración y frecuencia de la actividad y las fuerzas aplicadas mientras se mantiene esta postura.

2.1.5. Buffer

El buffer se utiliza en la fabricación para ajustar las variaciones en el proceso de producción. Es una forma de garantizar que su línea de producción siga funcionando sin problemas a pesar de que entren en juego factores imprevistos. ERP. ((2020, junio 10)) Debido a que existen diferencias de tiempo en los procesos de producción, se puede provocar un cuello de botella o un desabasto en el proceso subsecuente; para ello se asignan buffers para evitar que exista este problema y con el objetivo de aumentar la eficiencia de producción. El buffer es un factor importante a considerar al diseñar una línea de producción, pues evita problemas con el flujo del proceso y puede prevenir cuellos de botella. Weiss, Schwarz, y Stolletz (2019).

2.2. Marco conceptual

En esta parte se describirán algunos de los conceptos y/o equipos que se mencionan en la investigación, con la finalidad que el lector comprenda sobre el proceso que se menciona.

1. Cubierta de asiento; Es la parte del asiento de los automóviles, la cual proporciona apariencia al interior del vehículo; también sirve para la comodidad de los pasajeros.

La cubierta puede ser elaborada de distintos materiales, pero esto dependerá del estilo del vehículo.

2. Material; Es la materia prima, la cual se procesa en el área de corte. El material puede ser de tela, vinyl, esponja o carpeta, los cuales son materiales sintéticos que proporcionan distintas características a los asientos, tanto en comodidad, apariencia o temperatura.
3. El set-up time es el tiempo de preparación o ajustes de una máquina o línea de producción antes de empezar una corrida de ésta. Se utiliza generalmente al iniciar el turno y usualmente es una hoja que contiene una serie de puntos a revisar antes de iniciar con las actividades establecidas. En caso de detectar alguna anomalía, se debe llamar al personal correspondiente para revisarlo.
4. Cortadora digital, es una máquina la cual nos permite cortar diversos materiales mediante CNC. Detecta las coordenadas de los archivos digitales, para posteriormente realizar los cortes de los patrones que se requieren. La cortadora cuenta con 3 partes fundamentales;
 - Mesa de tendido: Es una mesa la cual cuenta con una banda transportadora, la cual se fabrica a la medida que necesite el cliente. En ella se coloca el material que se cortará; usualmente a los costados de esta mesa cuenta con medidas en pulgadas para realizar los tendidos de material.
 - Conveyor; es una mesa que se conforma de cepillos y es donde el cabezal de la cortadora realiza los cortes.
 - Mesa de descarga; al igual que la mesa de tendido, es una mesa que contiene una banda transportadora, la cual se encarga de sacar el material cortado del conveyor.
5. Prensa; es una máquina la cual se encarga de cortar el material mediante la aplicación de presión; está conformada principalmente de 3 partes.
 - Mesa de vacío: es donde se coloca el dado con el material; en esta parte se baja una campana de goma, la cual contiene en el centro una lámina de polipropileno; al colocarse encima del material se extrae el aire mediante un mecanismo de succión, lo que hace que el material se comprima y evita que se mueva durante la etapa de prensado.
 - Banda transportadora; Es una mesa la cual cuenta con rodillos; estos rodillos están cubiertos con una banda la cual se mueve cuando giran los rodillos; esto ocasiona que el dado se mueva, ya sea para entrar o salir del área de prensado.
 - Área de prensado; al llegar el dado cubierto con la campana de goma, baja el mecanismo de prensado, el cual aplica una presión de 3 toneladas al material, lo que ocasiona que se corte dependiendo de la figura de los troqueles.

6. Dado; el dado es como se le denomina al herramienta que se utiliza para cortar el material. Este está compuesto por una madera cuyas medidas pueden ser personalizadas de acuerdo a las necesidades del cliente; usualmente estas maderas se utilizan con un ancho de 62 pulgadas de ancho y un mínimo de 80" de largo. Esta madera tiene bordes de metal, lo cual le da una mayor firmeza a la madera. Contiene agarraderas en los costados para poder mover fácilmente el dado.
7. Troquel (cavidad); la cavidad son troqueles de hierro fundido, las cuales tienen un borde afilado. Las formas de las cavidades se fabrican de acuerdo a las especificaciones de los clientes; estas van atornilladas en la madera; la forma en que se colocan en la madera depende del nestado del archivo
8. Nestado; los patrones que conforman la cubierta se separan dependiendo del material del que se cortarán, posteriormente se realizan los archivos de manera digital, este archivo se procesa en un software de Nestado para así obtener el acomodo ideal de los componentes priorizando la eficiencia de material.
9. Eficiencia de material; hace referencia a la eficiencia del dado después de procesarse en el software de Nestado. La eficiencia se calcula de manera automática considerando el largo del dado así como el ancho, y depende en gran medida de la forma de los componentes y los espacios que quedan en el dado.
10. Eficiencia en tiempos, Hace referencia a la capacidad de corte instalada, donde se analiza el tiempo disponible de una cortadora digital vs el tiempo que se utilizó durante el turno; se contemplan demoras por paros de mantenimiento, descansos de los operadores, etc.
11. Six sigma es una metodología la cual se desarrolló en la empresa de motorola y se basa en el análisis estadístico para buscar alternativas de mejora, además da soluciones a problemas complejos a través de herramientas de control.
12. SMED (Single-Minute Exchange of Die) o cambio de troqueles en menos de un minuto, es una metodología que se utiliza para reducir los tiempos de cambio, fiabilidad del proceso, y reduce el riesgo por averías o defectos".

Capítulo 3

Descripción del proyecto

Recapitulando sobre el contenido del marco teórico, se habló sobre el origen de las metodologías, así como el desarrollo de las mismas por parte de sus autores; también se dieron a conocer los procedimientos establecidos, así como ejemplos de cómo y donde se pueden aplicar estas metodologías. Por lo tanto, en esta sección se hablará sobre cómo se lleva a cabo el desarrollo de las metodologías en el tema de investigación de la tesis; primero se hablará de cómo se aplica la metodología DMAIC en el área de corte prensa en conjunto al SMED para elaborar la propuesta de reducción de tiempos utilizando dichas metodologías.

3.1. Metodología

En esta sección, se describirán los métodos que se utilizan en la presente investigación, que tienen como principal objetivo la optimización de los tiempos muertos que se generan en las áreas de corte, en donde se tenga que realizar un cambio de herramental físico. Cabe destacar que esta investigación no contempla áreas de corte digital, puesto que son áreas más automatizadas; uno de los objetivos de la investigación es el de aplicar metodologías de mejora para determinar el procedimiento óptimo para la realización de las actividades del personal.

Tipo de estudio

- Cuantitativo; se desglosarán las actividades que conforman el proceso de corte para posteriormente realizar una toma de tiempos.
- Experimental; Se desarrollarán propuestas de mejora en los procesos y métodos óptimos de trabajo, con la finalidad de comparar los tiempos actuales vs. los tiempos al realizar las propuestas.

Área de estudio

- Corte prensa.

Universo y muestra

- Población; la población son los empleados involucrados en el área de corte de prensa.
- Muestra; Se realizaría mediante un muestreo estratificado, ya que el área de corte se divide en Tendido, corte y descarga y cada una de estas áreas está conformada por varios trabajadores que no intervienen en distintas áreas.

Métodos: instrumentos de recolección de datos

- Se recopilarían los datos por medio de las fuentes primarias, ya que se tomarían las muestras de tiempo directamente del proceso y se registrarían en una hoja de recopilación de datos.
- Se recopilarían por medio de la observación directa, y se cronometrarían las actividades.

Plan de tabulación y análisis

- Los resultados se analizarían por medio de una prueba de medias, en donde se analizaría el tiempo promedio de descarga, antes y después de las mejoras propuestas. Con esto se podría determinar si los nuevos cambios representan un cambio en las medias de tiempo.

3.1.1. Metodología DMAIC

El primer método que se utiliza es la metodología del Six sigma. Aunque la metodología Six sigma está más enfocada a reducir la variabilidad de los procesos mediante los análisis estadísticos y así reducir los defectos por millón, también se puede utilizar esta metodología para analizar los procesos en busca de áreas de oportunidad. La aplicación de esta metodología se sigue con una serie de pasos ya establecidos, denominada por sus siglas en inglés como DMAIC. A continuación se describirán cada una de sus etapas basadas en el siguiente artículo Felizzola Jiménez y Luna Amaya (2014):

- Definir: Esta etapa es la más importante, ya que el investigador debe tener en claro el objetivo de la investigación y se debe definir el objeto de estudio. Para determinar si los tiempos muertos representarán un problema en el área de corte, primero se deberá determinar el takt time, esto con el fin de conocer el número total de dados que se requieren cortar.

Se recomienda elaborar una tabla como la siguiente 3.1 para calcular la capacidad de corte.

Figura 3.1: Calculo de capacidad de corte.

Item	1: Nombre de Dado	2: Material a cortar	3: Piezas del dado	4: Capas máximas	5: Requerimiento	6: Run dies
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
7: Σ						

Autoría propia.

- 1: Nombre de dado: Es el nombre que se le asigna a los dados para diferenciarlos.
- 2: Material a cortar: Se asignará el material que se cortará con el dado asignado, con la finalidad de determinar las capas máximas.
- 3: Piezas por dado: Cantidad de ensambles (sets) que tiene el dado.
- 4: Capas máximas: son las capas de material que se pueden cortar al prensar el dado, depende del tipo de material, se determinará por el equipo multidisciplinario.
- 5: Requerimiento: cantidad de ensambles que se necesitan cortar al día para no afectar las líneas de producción.
- 6: Run dies: Se calcula de la siguiente manera.

$$\frac{\text{Requerimiento}}{\text{Piezas por dado}} / \text{Capas máximas por corte}$$

Nota: el resultado se redondea siempre al mayor.

- 7: Sumatoria total de la columna Run dies.
- 8 Calculo de takt time : Se calcula de la siguiente manera.

$$\frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Sumatoria total de la columna Run dies.}}$$

Cuando se calcule la capacidad real del proceso, se podrá determinar si se tienen problemas para cumplir con los requerimientos diarios de corte.

- Medir, una vez que se obtengan los resultados de la capacidad de corte y se determine si es un problema, se desglosarán las actividades que se realizan en el área de corte y se usará un formato como el siguiente.

Figura 3.2: Toma de tiempos

ACTIVIDAD:		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE			
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuación (mayor-repetible)	Ajuste	Tiempo Ajustado (minutos)
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
Tiempo Total de Elementos (minutos):															

Autoría propia.

Se tomarán 10 muestras de tiempo de cada actividad que realicen los operadores en el área de corte. 3.2

- Analizar; al contar con los datos de las mediciones, se pueden utilizar herramientas de análisis de información para determinar cuáles son las variables que tienen mayor impacto en el proceso. Se utilizará el diagrama de Pareto para determinar las actividades de mayor tiempo y enfocarnos en mejorarlas.

Pasos para elaborar diagrama de Pareto.

- Para elaborar la tabla 3.3, se tomara el promedio de las 10 muestras de la figura 3.2, y los resultados se acomodaran de mayor a menor.

Figura 3.3: Diagrama de Pareto.

Actividad	Tiempo promedio	Porcentaje
1		
2		
3		
4		
5		
	Σ	Σ

Autoría propia.

- Sumar el tiempo promedio de las actividades.
- Porcentaje =

$$\frac{\text{Tiempo promedio}}{\text{Suma de los tiempos promedios}}$$

Se tomarán las actividades que representen el 80 por ciento del tiempo, para posteriormente evaluar opciones de mejora.

- Mejorar, es esta parte del proceso; se determinarán las variables que ocasionan el problema, por lo que se tienen que definir las soluciones a esas variables. Se utilizará la metodología del SMED para evaluar las actividades que se puedan cambiar de internas a externas.

Para llevar a cabo la metodología del SMED, se analizarán las distintas partes que conforman el proceso de corte prensa. La forma en la que se recopilará la información es por medio del método observacional, en el cual se utilizarán los siguientes instrumentos:

- Cronómetro: Se utiliza para tomar los tiempos de las actividades que realizan los operadores.

- Hoja de tiempos: una hoja que se diseñó para realizar anotaciones, además de registrar el tiempo tomado.
- Lápiz: se utilizará para registrar la información.
- Vídeo: Se tomarán vídeos de las actividades pequeñas o rápidas para que se puedan cronometrar de forma más sencilla.

Utilizando el método cuantitativo, se desglosarán las actividades necesarias para el proceso de corte prensa; adicional a esto, se tomarán muestras de tiempo de cada actividad para calcular el tiempo estándar de cada una y poder determinar cuáles actividades son las que consumen más tiempo.

Se clasificarán las actividades según los siguientes parámetros.

- Interna: actividades que no se realizan mientras un dado esta en proceso de descarga.
- Externa: actividades que se realizan mientras el dado esta en proceso de descarga.

Posteriormente se analizarán las actividades que puedan cambiarse de internas a externas. Y por último, se buscarán mejorar las actividades internas.

- Controlar: Una vez implementadas las mejoras en los procesos, se deberán tomar nuevamente mediciones de las variables afectadas, esto con el fin de determinar si las mejoras fueron efectivas mediante un análisis de varianza. Además de esto, se deberá guardar la documentación de todo el proceso.

Es importante establecer un plan de seguimiento en donde se valide cada cierto periodo de tiempo si las mejoras implementadas se siguen utilizando, también determinar si las mejoras que se implementaron pueden ser replicadas en otros procesos. Además, como se nos presenta en Mahecha Mera y cols. (2017), se planea elaborar un Dashboard para así conocer los indicadores en tiempo real del proceso.

Capítulo 4

Ensayos o casos prueba

En este capítulo se describe el proceso que se siguió para el desarrollo de la metodología propuesta en la presente investigación, el cual se realizó en una empresa de la región carbonífera, cuyo giro está enfocado en la industria automotriz, más precisamente en la industria textil, fabricando cubiertas de asientos, la cual cuenta con un área de corte prensa. Se describirá cómo se aplicó cada una de las etapas del DMAIC en conjunto con el SMED, buscando la comprobación de la hipótesis nula o alterna.

4.1. Definir

Como se nos menciona en Felizzola Jiménez y Luna Amaya (2014), el primer paso para la aplicación del DMAIC es la definición del problema. Para el desarrollo de esta metodología, en este caso en particular, se comenzará por determinar cómo representar la problemática de una manera cuantificable, por lo que se analizarán las partes que componen el proceso, y se cronometrarán todas las actividades involucradas. Mediante la aplicación de las fórmulas propuestas, se procederá al cálculo de la capacidad actual vs. lo requerido, esto con la finalidad de determinar si el tiempo productivo de la operación es un problema.

Figura 4.1: Comparativa de la capacidad actual en el proceso de corte prensa vs. la capacidad requerida.

Tiempo Disponible por día (minutos)	939.6
Ciclos requeridos (por turno)	275
Takt time (min)	3.42

Operacion	Operadores/turno	Tiempo (min)	Capacidad/día	Requerido	Utilizacion
Tendido	4	2.76	340	275	81%
Corte	1	2.49	377	275	73%
Descarga	7	3.71	254	275	108%

Como se observa en la 4.1, en la parte de tendido se tiene una eficiencia de utilización del 81 %, mientras que en el área de corte se tiene una utilización de 73 % y el área de descarga está en un 108 %, por lo que está en un 8 % fuera de capacidad.

4.2. Medir

En la etapa de medición, primero se analizará el proceso completo de corte de prensa y se clasificará en las etapas que lo componen, esto con la finalidad de poder analizar las actividades que conforman el proceso de una forma más sencilla. Cabe destacar que las cuatro secciones son; Carro de dados, Mesas de tendido, Corte y Descarga.

La manera en la que se cronometrarán las actividades será mediante la toma de vídeos de las operaciones que conforman el área de corte prensa, posteriormente se analizarán los vídeos para desglosar las actividades que se realizan, posteriormente se realizarán 10 muestras de tiempo, las cuales se tomarán con cronómetro. A continuación, se muestra la información recabada.

Figura 4.2: Actividades necesarias para sacar el dado del rack.

ACTIVIDAD: SACAR DADO		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE: OPERADOR CARRO DE DADOS.			
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuación (mayor-repetible)	Ajuste	Tiempo Ajustado (minutos)
1	Identificar ubicación de dado requerido.	5.10	5.74	6.26	5.74	5.20	6.44	6.36	6.34	5.22	6.95	5.20	1.75	0.52	0.10
2	Ir a posición de dado requerido.	16.18	16.32	17.51	16.87	16.17	17.57	16.39	16.24	16.63	17.92	16.18	1.74	1.62	0.30
3	Colocar cama de carro de dados en posición vertical.	6.22	6.24	7.76	6.94	6.66	7.96	7.58	7.55	7.83	6.15	6.22	1.74	0.62	0.11
4	Alinear carro de dados y cama con rack.	4.65	4.29	5.95	5.12	5.94	4.14	5.55	4.02	4.17	4.85	4.14	1.81	0.41	0.08
5	Tomar dado.	2.15	3.22	3.91	4.69	3.35	2.20	1.49	3.60	2.41	4.29	2.15	2.54	0.22	0.04
6	Estirar dado hasta polea y accionar.	2.68	2.86	2.12	5.94	3.25	5.60	6.38	6.68	5.04	2.82	2.68	4.00	0.27	0.05
7	Dirigir dado para sacar de rack (Función polea).	10.45	11.70	11.14	10.11	10.66	11.96	10.82	11.37	10.96	11.08	10.45	1.51	1.05	0.19
8	Bajar cama de dado.	6.22	6.39	6.83	7.39	6.27	6.71	7.09	7.86	6.45	7.48	6.27	1.59	0.63	0.11
9	Llevar carro de dados a mesas de tendido.	16.75	15.43	18.01	18.52	18.03	17.36	15.40	17.01	17.73	15.56	15.43	3.09	1.54	0.28
10	Empujar dado para sacar.	5.17	6.46	5.09	5.81	6.99	5.58	6.55	6.80	5.93	6.96	5.17	1.82	0.52	0.09
11	Meter dado a cama de carro de dados.	5.32	5.23	5.39	5.07	6.21	6.30	5.33	6.88	6.30	5.11	5.11	1.77	0.51	0.09
12	Ir a posición de dado a guardar.	16.45	17.64	17.26	17.58	16.52	17.13	16.13	17.90	17.69	17.00	16.45	1.45	1.65	0.30
13	Colocar cama de dados en posición vertical.	6.37	7.56	6.68	7.99	6.68	6.75	6.58	7.84	6.58	7.97	6.58	1.41	0.66	0.12
14	Alinear carro de dados y cama con rack.	5.12	6.77	5.79	5.15	5.31	6.16	5.00	5.12	6.92	6.53	5.12	1.80	0.51	0.09
15	Estirar dado hasta polea y accionar.	3.37	3.56	4.48	4.51	4.86	3.34	3.14	4.27	3.18	3.30	3.18	1.68	0.32	0.06
16	Dirigir dado para sacar de rack (Función polea).	12.48	12.06	12.36	13.93	13.88	13.17	13.50	13.94	12.42	13.58	12.36	1.58	1.24	0.23
17	Alinear dado dentro del rack	3.58	4.30	3.63	4.38	4.04	3.40	4.60	4.53	3.13	3.80	3.40	1.20	0.34	0.06
Tiempo Total de Elementos (minutos):												2.10	0.54	0.21	2.31

Autoría propia.

En la tabla 4.2 se muestran las actividades que son realizadas por un operador para poder empezar con el proceso de corte de un dado.

Figura 4.3: Tendido de material

ACTIVIDAD: TENDIDO DE MATERIAL		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE: OPERADORES DE TENDIDO.			
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuacion (mayor-repetible)	Ajuste	Tiempo Ajustado (minutos)
1	Tomar rollo de material.	16.91	17.10	17.74	16.68	16.41	18.17	16.88	16.88	17.02	17.11	16.68	1.49	0.52	0.29
2	Llevar material al elevador.	12.96	13.65	12.92	12.91	13.11	12.79	14.01	12.63	13.47	13.17	12.79	1.22	1.62	0.24
3	Colocar rollo en posición de carga.	3.71	3.96	3.91	4.61	5.02	4.55	4.19	4.17	4.73	4.27	3.91	1.11	0.62	0.08
4	Tomar barra.	5.22	7.05	6.72	6.92	5.17	5.78	6.04	5.16	7.12	5.27	5.17	1.95	0.41	0.09
5	Insertar barra en núcleo de rollo.	5.68	8.06	6.18	4.49	6.10	6.38	6.24	8.09	6.97	7.99	5.68	2.41	0.22	0.10
6	Colocar barra en ganchos del elevador.	6.74	7.83	13.61	6.45	13.17	12.95	6.52	12.50	14.22	15.90	6.52	9.38	0.27	0.11
7	Accionar elevador.	4.17	4.55	5.43	4.50	5.62	4.90	4.24	5.25	4.26	5.11	4.24	1.38	1.05	0.09
8	Tomar material.	30.48	29.73	31.61	30.36	30.31	31.28	29.87	30.86	30.38	30.00	29.87	1.74	0.63	0.51
9	Llevar material a distancia requerida.	118.91	118.98	118.81	119.81	119.75	120.03	118.41	119.09	119.77	119.09	118.81	1.22	1.54	2.01
10	Accionar pisa plies.	32.68	34.00	33.41	33.09	34.49	33.75	33.74	34.25	32.98	33.74	32.98	1.51	0.52	0.56
11	Accionar cortadora (cortar material).	57.90	58.30	57.38	58.01	57.98	58.71	58.95	58.76	58.80	57.89	57.89	1.06	0.51	0.97
12	Tomar papel Kraft.	2.58	2.75	4.50	2.20	3.88	3.05	1.12	2.48	2.62	3.75	2.20	2.30	1.65	0.06
13	Llevar papel a distancia requerida.	9.90	11.20	10.54	10.46	10.76	10.39	10.42	9.52	9.80	10.91	9.80	1.40	0.66	0.17
14	Volver a posición inicial.	9.90	9.48	10.99	10.25	10.30	10.93	9.83	9.38	10.62	11.04	9.48	1.56	0.51	0.17
15	Accionar cortadora (cortar papel).	4.82	4.14	4.30	4.76	4.75	4.54	4.11	4.24	5.13	4.35	4.14	0.99	0.32	0.07
	Tiempo Total de Elementos (minutos):											5.34	0.51	0.18	5.52
Nota: Los 5.52 minutos son por una estación, pero se cuentan con dos estaciones, por lo que se tomara el tipo por dado como 2.76 minutos.															

Autoría propia.

Para realizar el tendido del material, que es la colocación del material sobre el dado, se registraron las actividades en la tabla. 4.3.

Figura 4.4: Prensado de material.

ACTIVIDAD: CORTE PRENSA		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE: OPERADOR DE PRENSA.			
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuación (mayor-repetible)	Ajuste	Tiempo Ajustado (minutos)
1	Tomar e introducir dado en cama de prensa.	7.20	8.68	7.91	7.11	7.23	7.03	8.92	7.23	8.83	8.80	7.11	1.81	0.71	0.13
2	Alinear dado en cama de prensa.	5.23	6.09	5.16	5.53	6.58	5.57	5.79	5.13	6.70	5.40	5.16	1.54	0.52	0.09
3	Dirigirse a controles prensa.	3.20	3.84	3.16	4.16	4.96	3.44	4.65	3.14	4.19	4.61	3.16	1.80	0.32	0.06
4	Bajar cama de vacío (Ciclo de vacío).	6.80	6.13	7.45	7.01	6.51	7.60	6.73	7.98	6.97	7.45	6.51	1.47	0.65	0.12
5	Asegurar cama de vacío.	5.40	7.35	6.06	5.79	6.49	4.56	7.79	4.91	7.25	5.15	4.91	2.88	0.49	0.09
6	Dirigirse a controles prensa.	4.60	5.42	7.17	7.69	6.41	6.68	6.34	8.83	8.60	8.62	5.42	3.41	0.54	0.10
7	Prensar dado (Ciclo de prensado).	78.08	78.07	78.03	78.04	79.74	79.43	79.87	78.75	79.12	78.62	78.04	1.83	7.80	1.43
8	Levantar cama de vacío.	13.69	14.43	14.15	13.43	14.50	13.62	14.79	14.44	13.94	14.06	13.62	1.17	1.36	0.25
9	Tomar y sacar dado de cama de prensa.	7.81	8.33	6.67	8.12	6.58	6.38	7.91	9.34	6.35	8.20	6.38	2.96	0.64	0.12
10	Colocar dado en mesas de descarga.	5.40	7.00	5.20	5.38	6.88	5.43	6.08	5.45	6.63	6.03	5.38	1.62	0.54	0.10
Tiempo Total de Elementos (minutos):												2.26	0.34	0.23	2.49

Autoría propia.

El dado con el material se coloca dentro de la prensa para que posteriormente mediante la aplicación de presión el material sea cortado. Estas actividades se desglosan en la imagen 4.4.

Figura 4.5: Descarga de material.

ACTIVIDAD: DESCARGA DE DADO		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE: OPERADORES DE DESCARGA.			
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuacion (mayor-repetible)	Ajuste	Tiempo Ajustado (minutos)
1	Sacar el dado.	20.88	18.81	17.71	17.33	19.36	19.52	17.72	18.72	17.51	18.90	17.51	3.37	3.35	0.35
2	Transportar dado a mesa de descarga.	19.66	18.92	18.52	18.21	20.24	20.78	20.94	17.64	18.91	17.73	17.73	3.21	3.19	0.35
3	Retirar papel/scrap del dado.	15.90	16.82	17.48	18.28	19.00	19.22	18.91	18.21	18.37	16.53	16.53	2.69	2.67	0.32
4	Cortar tiras de material (scrap).	13.36	12.35	13.85	14.16	13.90	12.66	15.55	13.12	15.26	13.47	12.66	2.89	2.87	0.26
5	Tomar cavidades de material cortado	110.45	125.80	158.46	150.43	124.46	121.03	112.38	143.99	142.84	157.79	112.38	46.07	46.05	2.64
6	Formar y amarrar bultos de material cortado.	97.63	96.26	101.75	93.19	83.96	90.90	103.31	81.91	104.55	94.73	83.96	20.59	20.57	1.74
7	Llevar bultos de material cortado a cajas de Kanban.	53.86	62.73	51.80	62.88	53.62	57.98	58.51	58.67	57.23	63.27	53.62	9.65	9.63	1.05
8	Retirar scrap (sobrantes del material cortado).	18.84	16.94	17.32	19.36	18.07	20.14	20.03	21.01	20.46	19.07	17.32	3.69	3.67	0.35
9	Regresar dado a tendido.	18.78	21.00	16.84	17.80	18.97	16.87	19.87	19.71	18.82	17.68	16.87	4.13	4.11	0.35
	Tiempo Total de Elementos (minutos):											5.81	1.60	1.60	7.41
Nota: Los 7.41 minutos son por descargar un dado, pero se cuentan con dos estaciones de descarga, por lo que el tiempo por dado se tomara como 3.70 minutos.															

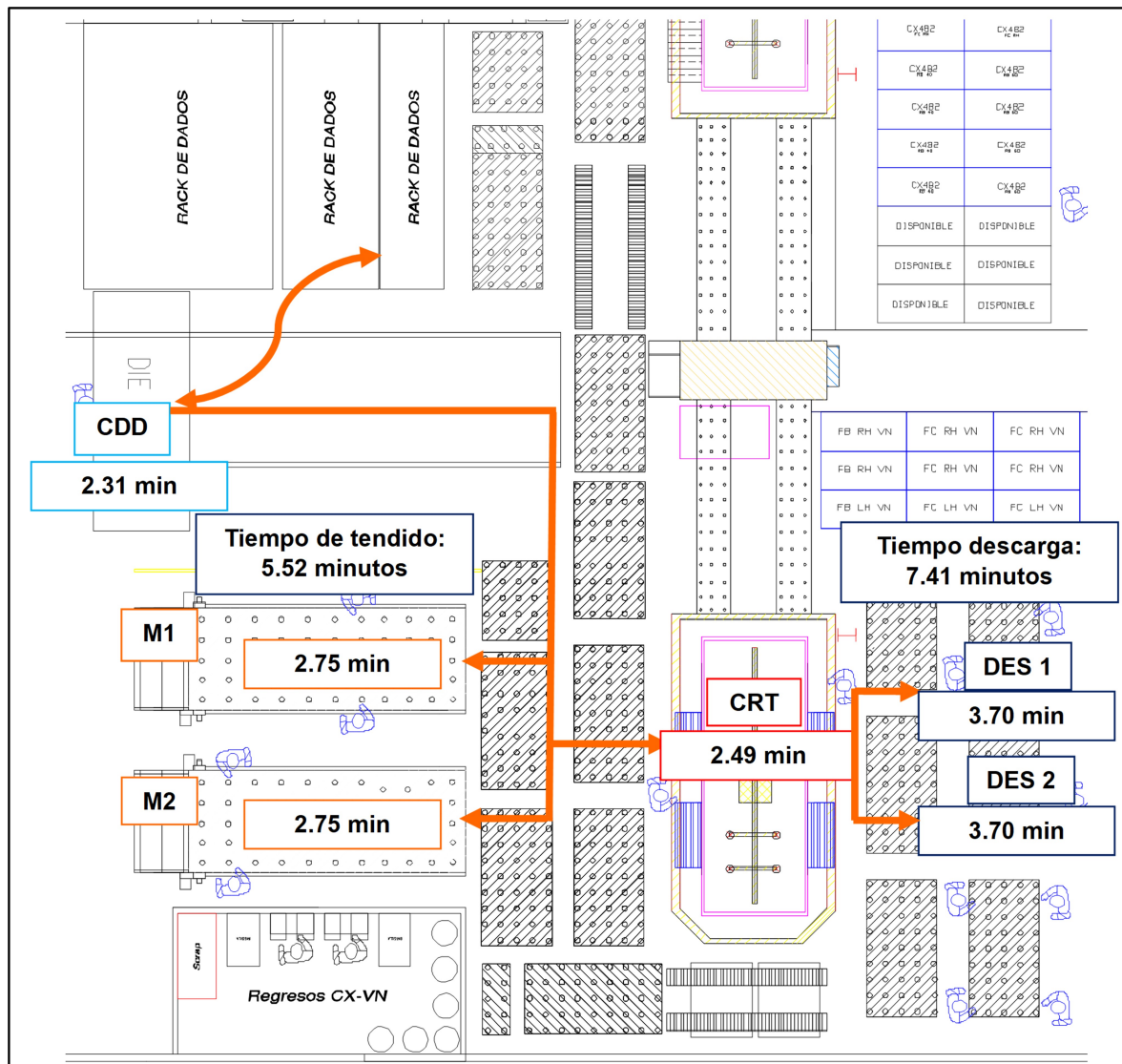
Autoría propia.

Por último, tenemos la parte de descarga, que es donde los operadores toman el material cortado y lo descargan de acuerdo con el color de cada cavidad. Esta es la etapa del proceso que más se demora, pues al contar con dados con muchas cavidades, los operadores demoran en descargar todo el material cortado. Las actividades se muestran en la figura 4.5.

4.3. Analizar

Con base a los tiempos estándar tomados de la operación y analizando cada una de las partes del proceso, se planteó el siguiente análisis, tomando como referencia la imagen 4.6;

Figura 4.6: Área de corte prensa con los tiempos estándar tomados.



Autoría propia.

- Carro de dados (CDD) - Con esta actividad inicia el proceso de corte. Solo es necesario contemplar el tiempo una sola vez, ya que el proceso tiene un flujo

constante. Para los cambios de lote, el último dado del lote anterior se debería encontrar en el área de corte o descarga, mientras que para los nuevos lotes el primer dado debería estar siendo sacado del rack para colocarlo en el área de tendido.

- Mesas de tendido (M1-M2) - Como el tiempo de tendido es mayor al tiempo que se tarda en sacar los dados del rack (suma de ambos), las mesas de tendido no tendrían problema en seguir un ritmo de trabajo fluido, aunque son dos mesas en que el tiempo de tendido es de 2.75 minutos y el tiempo de mover el dado del rack al área de tendido es de 2.31 minutos (5.5 minutos por ambas mesa), por lo que al inicio solo se consideraría un tiempo de 4.6 minutos en lo que se alimentan ambas mesas.
- Corte (CTR)- El tiempo de corte comienza cuando se está preparando el dado para introducir a la prensa; el dado cuando se traslada de la estación de vacío al área de prensado y regresa para ser llevado a descarga tarda 2.49 minutos, mientras que en tendido cada 2.75 minutos sale un dado, por lo tanto, el flujo de los dados que entrarían a corte sería constante.
- Descarga (DES) — El tiempo de descarga es el tiempo que más se demora de todo el proceso, además de que detiene los procesos subsecuentes. En esta parte del proceso se tiene que tomar el material dependiendo del color de las esponjas, además de colocarlas en su respectivo contenedor.

Al analizar el proceso con los tiempos estándar de cada operación, se puede determinar que el problema se encuentra en el área de descarga, puesto que el tiempo invertido para esta operación es el que determina el tiempo del ciclo completo.

También se detectarán los siguientes puntos a evaluar;

- Se genera acumulación de dados en área de descarga.
- Operadores no terminan de descargar 1 dado y pasan al siguiente.
- Dados con piezas pequeñas se convierten en cuello de botella en descarga.
- No se tiene definido cuantos operadores por dado son necesarios.
- Análisis ergonómico de la operación de descarga.

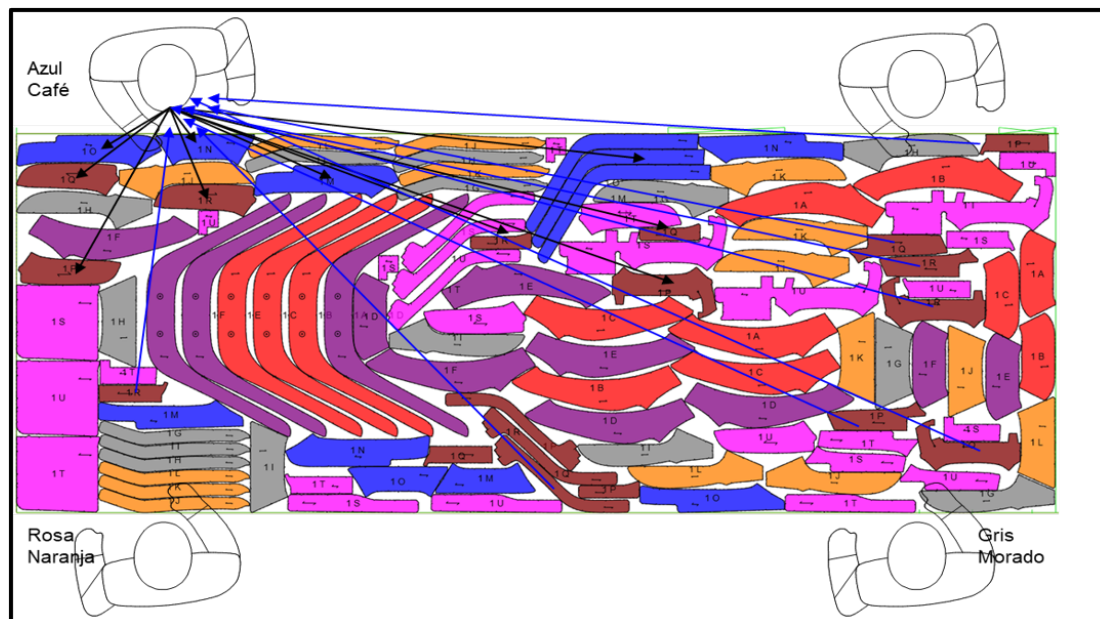
4.3.1. Método actual.

La problemática principal se centra en el área de descarga; es por ello que la parte de mejora se centra principalmente en esta etapa del proceso, buscando proponer métodos para la reducción de tiempo, los cuales se detallan a continuación.

Como se puede ver en la imagen 4.7, el método actual de descarga consiste básicamente en que los operadores descargan por color. Con este método se presentan las siguientes problemáticas:

- El operador tiene un pequeño gap de tiempo muerto al descargar las piezas por color (2 seg), ya que espera que sus compañeros le pasen los componentes que no están dentro de su alcance para poder atar los bultos de material.
- Cuando el operador termina de descargar todos los componentes del color que está descargando, pasa a descargar el siguiente dado, o bien, espera que sus compañeros terminen, es decir, no colabora a descargar otros componentes que no sean del color que está descargando.

Figura 4.7: Método actual



Autoría propia.

4.3.2. Análisis SMED

- Descripción de actividades: en la imagen 4.8, se describen las actividades que se realizan en descarga, así como los operadores responsables de realizar dichas actividades.

Figura 4.8: Descripción de actividades

Puesto		Descripción	Numero de operadores
Operador de descarga.		Se encargan de llevar el dado a la mesa asignada para descargar el material, así como el descargar, limpiar el dado, adicionalmente cortan las tiras de los sobrantes para atar el material.	7

Actividades de descarga.			
No	Actividad	Descripción	Responsable
1	Sacar el dado.	El dado se lleva al lugar donde se va a descargar el dado.	Operador de descarga.
2	Transportar dado a mesa de descarga.	El dado se mueve por las mesas de corte, hasta la mesa asignada para descargar el material.	Operador de descarga.
3	Retirar papel/scrap del dado.	Se retira el papel que se coloca arriba del dado, para empezar a descargar las cavidades	Operador de descarga.
4	Cortar tiras de material (scrap).	Se cortan tiras con el material sobrante en los bordes del dado.	Operador de descarga.
5	Tomar cavidades de material cortado (por 24 cavidades promedio).	Se toma el material cortado.	Operador de descarga.
6	Formar y amarrar bultos de material cortado. (8 bultos promedio)	El material cortado se agrupa dependiendo de su forma y color, se ata con las tiras de scrap y se identifica.	Operador de descarga.
7	Llevar bultos de material cortado a cajas de Kanban.	Se llevan los bultos atados a las cajas de kanban.	Operador de descarga.
8	Retirar scrap (sobrantes del material cortado).	Se limpia el dado del sobrante del material, para que pueda volver a ser utilizado o almacenado.	Operador de descarga.
9	Regresar dado a tendido.	Se regresa el dado al área de tendido, o se almacena nuevamente.	Operador de descarga.

Autoría propia.

- Clasificación: En la tabla 4.9, se definen qué actividades se consideran como externas e internas; además, se registran las actividades que son realizadas por los operadores de descarga, de las cuales se determinarán cuáles pueden ser cambiadas de actividades externas a internas.

Figura 4.9: Clasificación de actividades

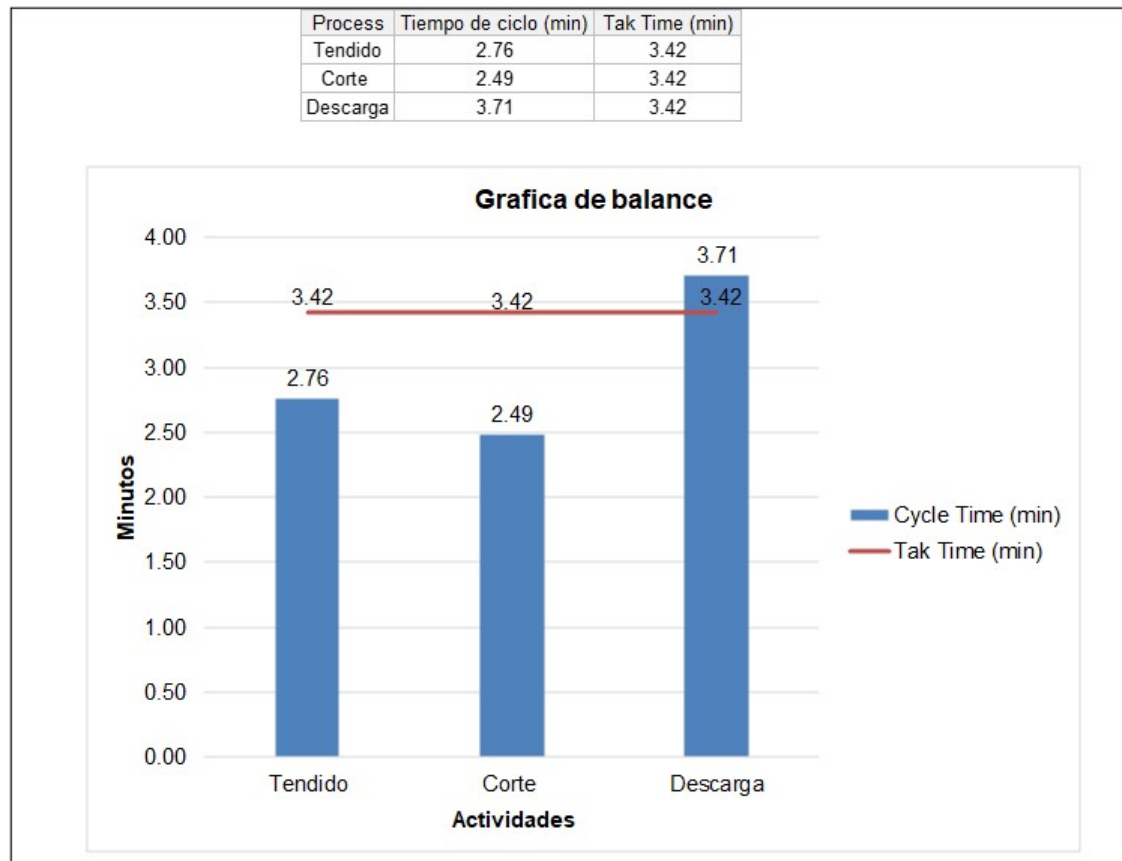
Actividades que se realizan mientras el dado esta en proceso de descarga.	E
Actividades que no se realizan mientras un dado esta en proceso de descarga.	I

Actividades de descarga.			
No	Actividad	Tiempo (seg)	Nuevo tiempo (seg)
1	Sacar el dado.	0.35	I
2	Trasportar dado a mesa de descarga.	0.35	I
3	Retirar papel/scrap del dado.	0.32	I
4	Cortar tiras de material (scrap).	0.26	I
5	Tomar cavidades de material cortado	2.64	I
6	Formar y amarrar bultos de material cortado.	1.74	I
7	Llevar bultos de material cortado a cajas de Kanban.	1.05	I
8	Retirar scrap (sobrantes del material cortado).	0.35	I
9	Regresar dado a tendido.	0.35	I
Total segundos		7.41	

Autoría propia.

- Identificación de actividades externas: Se realizó la gráfica 4.10 mostrando el balance entre las actividades de tendido, corte y descarga, con la finalidad de visualizar la utilización de cada parte del proceso. (No se contempla el carro de dados, pues el tiempo de realizar la actividad no afecta a los demás procesos.)

Figura 4.10: Gráfica de balance.



Autoría propia.

Con base en la información de la tabla 4.10, se analizaron qué actividades del proceso de descarga se pueden realizar antes que empiecen a descargar el dado, por lo que se determinó que la actividad denominada con la letra (A) en la tabla 4.11, puede realizarse en el proceso anterior al de descarga.

Figura 4.11: Análisis SMED

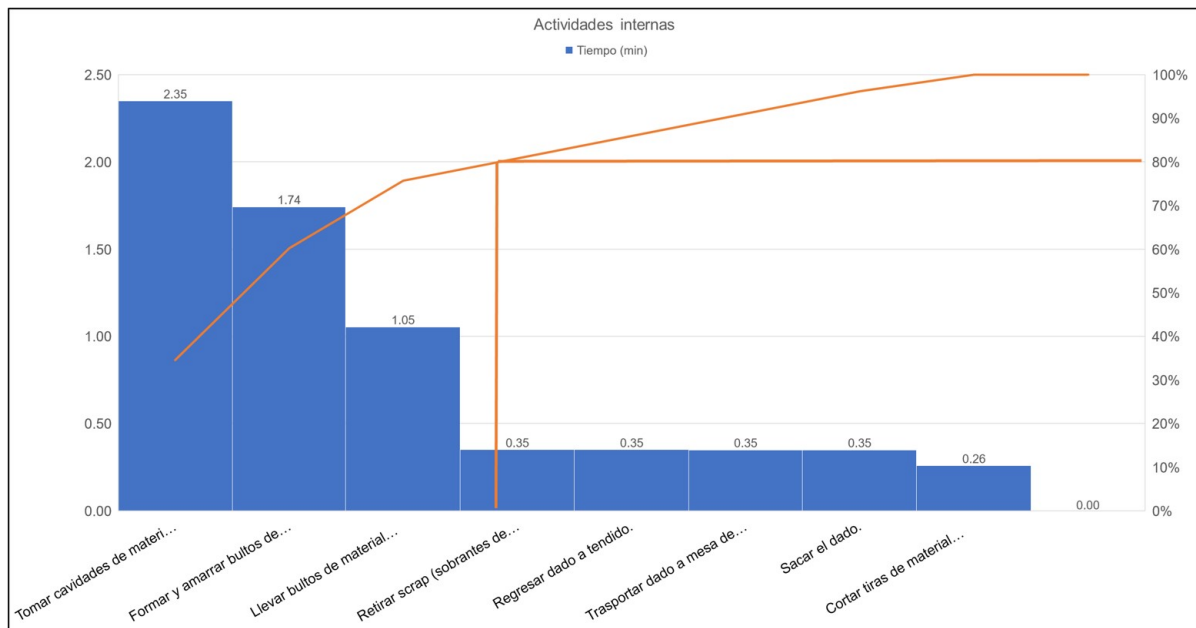
	Operador de descarga		Tiempo (min)	Utilizacion	Utilizacion	Tiempo (min)	Operador de prensa	
	Actividad	Tipo de actividad					Actividad	Tipo de actividad
Distribución actual	Sacar el dado.	I	0.35	108%	73%	0.13	Tomar e introducir dado en cama de prensa	I
	Transportar dado a mesa de descarga.	I	0.35			0.09	Alinear dado en cama de prensa.	I
	Retirar papel/scrap del dado.	E A	0.32			0.06	Dirigirse a controles prensa.	I
	Cortar tiras de material (scrap).	I	0.26			0.12	Bajar cama de vacío (Ciclo de vacío).	I
	Tomar cavidades de material cortado	I	2.64			0.09	Asegurar cama de vacío.	I
	Formar y amarrar bultos de material cortado.	I	1.74			0.10	Dirigirse a controles prensa.	I
	Llevar bultos de material cortado a cajas de Kanban.	I	1.05			1.43	Prensar dado (Ciclo de prensado).	I
	Retirar scrap (sobrantes del material cortado).	I	0.35			0.25	Levantar cama de vacío.	I
	Regresar dado a tendido.	I	0.35			0.12	Tomar y sacar dado de cama de prensa.	I
	Tiempo total de Ciclo		7.41			0.10	Colocar dado en mesas de descarga.	I
	Tiempo total de Ciclo por dado (entre 2 estaciones)		3.70			2.39	Tiempo total de Ciclo	

Autoría propia.

La tabla, 4.11, nos muestra el porcentaje de utilización entre los operadores de descarga y el operador de prensa.

- Mejorar las actividades internas: Para realizar este paso, se realizó un diagrama de Pareto de las actividades internas para determinar aquellas actividades que consuman mayor tiempo.

Figura 4.12: Análisis actividades internas



Autoría propia.

Como se nos muestra en la gráfica 4.12, se deben analizar las actividades que representan el 80% del tiempo, las cuales son tomar cavidades de material cortado, formar y amarrar bultos de material cortado y llevar bultos de material cortado a cajas de Kanban.

4.3.3. Análisis ergonómico

A continuación se muestra un análisis de riesgo ergonómico 4.13 realizado en el software ERGOsoft Pro Ergosoft (2024), cuya finalidad es determinar si la operación de descarga representa un riesgo ergonómico para los operadores, buscando que la actividad se realice de una manera más fácil y rápida.

Figura 4.13: Análisis RULA.

Valoración:

Cálculo de la puntuación RULA

	Puntos brazos	Puntos antebrazos	Puntos muñecas	Puntos giro muñeca	Grupo A	Grupo C	Puntos tronco	Puntos cuello	Puntos piernas	Grupo B	Grupo D
Brazo izquierdo	3	3	3	1	4	5	3	3	1	4	5
Brazo derecho	3	3	3	1	4	5	3	3	1	4	5

Puntuación final RULA		Nivel de riesgo
Brazo izquierdo	6	Alto
Brazo derecho	6	Alto

Niveles de Riesgo:

Puntos RULA	Nivel de riesgo	Actuación
1 - 2	Bajo	Nivel de actuación 1: Situaciones de trabajo ergonómicamente aceptables.
3 - 4	Medio	Nivel de actuación 2: Situaciones que pueden mejorarse, no es necesario intervenir a corto plazo.
5 - 6	Alto	Nivel de actuación 3: Se deben realizar modificaciones en el diseño o en los requerimientos de la tarea a corto plazo.
>=7	Muy alto	Nivel de actuación 4: Prioridad de intervención ergonómica.

Evaluación para: Dos brazos

Grupo A (extremidades superiores)				Puntuaciones	
Brazos			Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Si eleva el hombro: +1 Si se presenta abducción de hombro: +1 Si el brazo está apoyado: -1	El brazo está entre 20 grados de flexión y 20 grados de extensión.		1	2 + 1	2 + 1
	Entre 20° y 45° de flexión o más de 20° de extensión.		2		
	El brazo se encuentra entre 45° y 90° de flexión de hombro.		3		
	El brazo está flexionado más de 90 grados.		4		
Antebrazos			Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Si el brazo cruza la línea media: 0 Si se sitúa por fuera más de 45°: +1	El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.		1	2 + 1	2 + 1
	El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.		2		
Muñecas			Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Si la muñeca se desvía de la línea media: +1	La muñeca está en posición neutra.		1	2 + 1	2 + 1
	La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.		2		
	La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados.		3		
Giro de muñeca			Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Permanece en la mitad del rango.			1	1	1
En inicio o final del rango de giro.			2		
Carga / Fuerza			Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Sin resistencia. Menos de 2kg de carga o de fuerza intermitente.			0	0	0
2-10 kg de carga o fuerza intermitente.			1		
Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 Kg. y es estática o repetitiva.			2		
Si la carga o fuerza es superior a los 10 Kg., y es estática o repetitiva. Los golpes y/o fuerzas aumentan rápidamente			3		
Actividad muscular			Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Si la postura es estática, mantenida más de un minuto. Si se repite más de 4 veces por minuto.			1	1	1

Autoría propia.

Al obtener los resultados del análisis RULA realizado en el software ERGOsoft Pro, Se

realizó una investigación con el personal de corte, para desarrollar una herramienta con la cual puedan descargar el material de manera más rápida y segura, pues al momento de prensar las capas de material, las capas quedan compactas en la cavidad, lo que dificulta el descargar el material, por lo que se desarrollaron diversos prototipos de una herramienta para facilitar esta tarea.

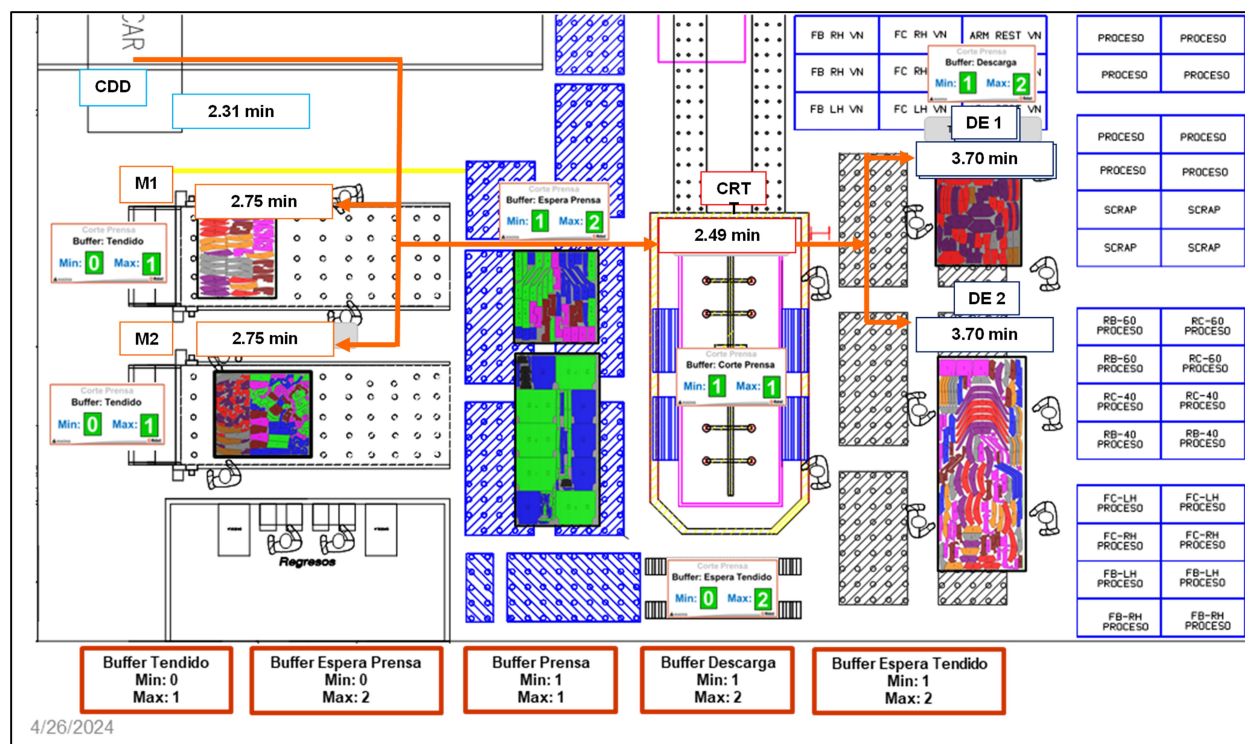
4.4. Mejorar

Considerando la información recabada en las etapas anteriores de la metodología DMAIC y el SMED, se realizaron propuestas de cambios en las metodologías de trabajo, las cuales se esperan que reduzcan los tiempos en el área de descarga, estas metodologías van desde la aplicación del BUFFER en el área de corte prensa, el cambio del método en el área de descarga, además de un estudio ergonómico para poder realizar la actividad de descarga de una forma más segura y rápida.

4.4.1. Aplicación del BUFFER

Se propone la implementación del Buffer. El Buffer consiste en contar con el material necesario para que no se detenga el proceso posterior. En este caso, se propone la utilización del Buffer, el cual se representa en la siguiente distribución 4.14.

Figura 4.14: Imagen que muestra el buffer en cada área.



Autoría propia.

- Se estableció el tiempo que se requiere para llevar a cabo cada una de las partes del proceso.
- Con base en los tiempos, se determinó el número máximo y mínimo de dados requeridos en cada parte del proceso.

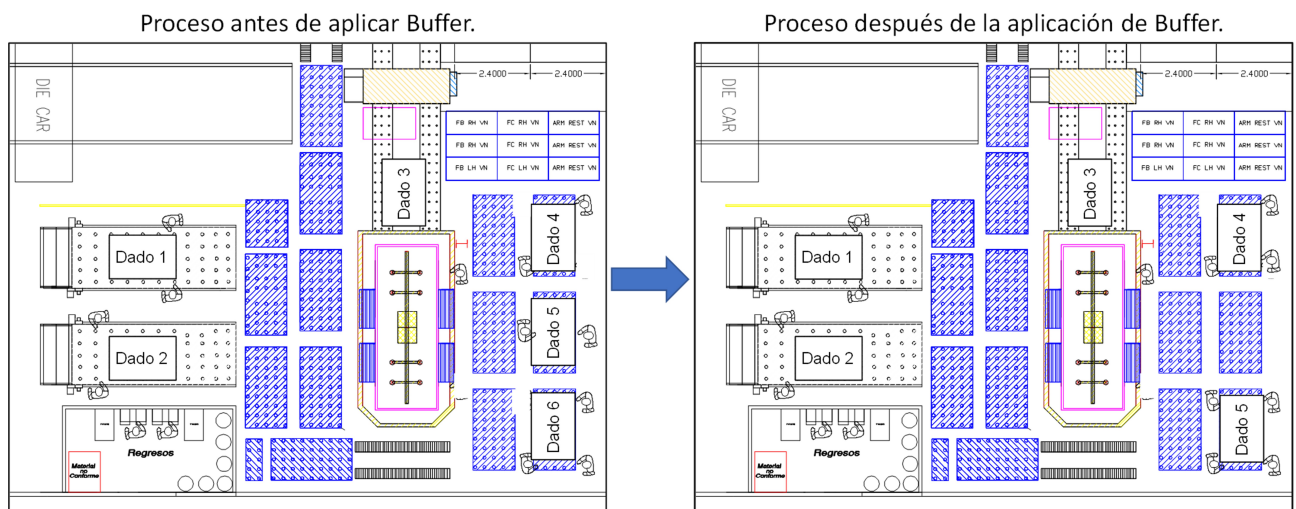
Como se observa en la imagen 4.14, se estableció el límite máximo y mínimo de dados por operación, con esto se obtendrían los siguientes resultados;

- Tendido: En cada mesa se tendió el mínimo sería de 0 dados y el máximo de uno, lo que quiere decir que, en condiciones normales del proceso, saldrían dos dados de las mesas de tendido cada 5.52 minutos, esto considerando los 2.31 minutos de llevar el dado a la mesa de tendido más los 2.75 minutos que se tardan en realizar el tendido del material.
- Espera prensa: Debido a que el tiempo de descarga es el proceso que más tiempo se tarda en realizarse, se genera una acumulación de dados por prensa.
- Corte: En el área de corte, se propone que el mínimo y máximo sería de un dado, puesto que, en ocasiones, debido al tamaño de algunos dados, se pueden cortar dos a la vez, pero esto ocasionaría mayor desorganización en el área de descarga, ya que al tener más dados disponibles para descargar, los operadores no seguirían el flujo establecido y podrían empezar a descargar otro dado cuando aún no terminan los dos que están en proceso.
- Descarga: En el área de descarga, se propone tener dos dados como máximo, y no sacar más dados del área de corte hasta que por lo menos se termine de descargar uno de ellos.

4.4.1.1. Resultado del Buffer

Como se muestra en 4.15, en el área de descarga solo se pueden tener máximo dos dados en proceso, ya que anteriormente se tenían hasta tres dados, lo que ocasionaba que no se siguiera un flujo continuo en el proceso, ya que los operadores de descarga se pasaban a un nuevo dado sin haber terminado el que está en proceso.

Figura 4.15: Antes vs Propuesta de Buffer



Autoría propia.

4.4.2. Resultados SMED

4.4.2.1. Actividades externas a internas.

Al analizar las actividades externas, se detectó que estas podían ser realizadas por el operador de la prensa, mientras los operadores de descarga tienen dados en proceso, tal como se muestra en la siguiente distribución en la figura 4.16.

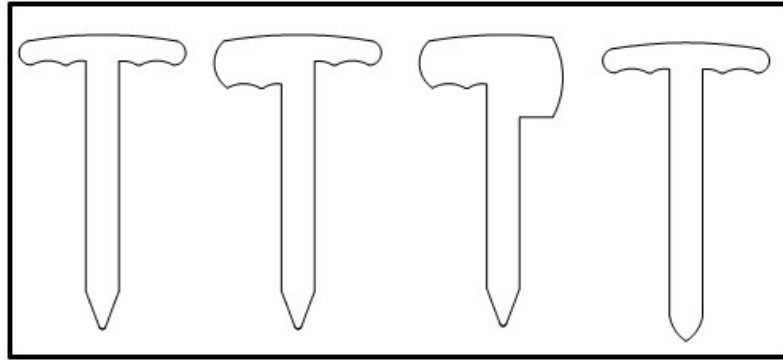
Figura 4.16: Resultados SMED

	Operador de descarga			Utilizacion	Utilizacion	Tiempo (min)	Operador de prensa	
	Actividad	Tipo de actividad	Tiempo (min)				Actividad	Tipo de actividad
Distribucion propuesta.						0.32	Retirar papel/scrap del dado.	I
	Sacar el dado.	I	0.35	104%	92%	0.13	Tomar e introducir dado en cama de prensa.	I
	Transportar dado a mesa de descarga.	I	0.35			0.09	Alinear dado en cama de prensa.	I
	Retirar papel/scrap del dado.	E				0.06	Dirigirse a controles prensa.	I
	Cortar tiras de material (scrap).	I	0.26			0.12	Bajar cama de vacío (Ciclo de vacío).	I
	Tomar cavidades de material cortado	I	2.64			0.09	Asegurar cama de vacío.	I
	Formar y amarrar bultos de material cortado.	I	1.74			0.10	Dirigirse a controles prensa.	I
	Llevar bultos de material cortado a cajas de Kanban.	I	1.05			1.43	Prensar dado (Ciclo de prensado).	I
	Retirar scrap (sobrantes del material cortado).	I	0.35			0.25	Levantar cama de vacío.	I
	Regresar dado a tendido.	I	0.35			0.12	Tomar y sacar dado de cama de prensa.	I
	Tiempo total de Ciclo		7.09			0.10	Colocar dado en mesas de descarga.	I
						0.32	Retirar papel/scrap del dado.	I
	Tiempo total de Ciclo por dado (entre 2 estaciones)		3.54			3.13	Tiempo total de Ciclo	

Como se observa en la figura 4.16 tras el análisis del balance entre las etapas del proceso, se determinó que la actividad (A) ahora se realizará por el operador de prensa, lo que representa una reducción de 7.4 minutos a 7.09 minutos, es decir una reducción de 4.2 %.

4.4.2.2. Ergonomía en la mejora de actividades internas.

Figura 4.17: La imagen muestra el desarrollo de la herramienta, se realizaron pruebas con los operadores para determinar el modelo óptimo.



Autoría propia.

Tras realizar las pruebas se determinó el siguiente prototipo 4.18 que más se ajustaba a las necesidades de los operadores, el cual cuenta con un mango ergonómico para facilitar el agarre, además de una punta alargada la cual se puede introducir entre el material cortado y la cavidad, con la finalidad de extraer el material sin dañarlo.

Figura 4.18: Diseño óptimo de la herramienta de descarga.



Autoría propia.

Se realizó el mismo estudio ergonómico con el uso de la herramienta diseñada, los resultados se muestran en la 4.19, en donde se puede observar una disminución en el riesgo ergonómico en las muñecas y antebrazos (partes involucradas en sacar material de los dados)

Figura 4.19: Análisis RULA.

Valoración:

Cálculo de la puntuación RULA

	Puntos brazos	Puntos antebrazos	Puntos muñecas	Puntos giro muñeca	Grupo A	Grupo C	Puntos tronco	Puntos cuello	Puntos piernas	Grupo B	Grupo D
Brazo izquierdo	3	2	1	1	3	3	3	2	1	4	5
Brazo derecho	3	2	1	1	3	3	3	2	1	4	5

Puntuación final RULA

Nivel de riesgo

Brazo izquierdo	4	Medio
Brazo derecho	4	Medio

Niveles de Riesgo:

Puntos RULA	Nivel de riesgo	Actuación
1 - 2	Bajo	Nivel de actuación 1: Situaciones de trabajo ergonómicamente aceptables.
3 - 4	Medio	Nivel de actuación 2: Situaciones que pueden mejorarse, no es necesario intervenir a corto plazo.
5 - 6	Alto	Nivel de actuación 3: Se deben realizar modificaciones en el diseño o en los requerimientos de la tarea a corto plazo.
>=7	Muy alto	Nivel de actuación 4: Prioridad de intervención ergonómica.

Evaluación para: Dos brazos

Grupo A (extremidades superiores)

		Puntos	Puntuaciones	
Brazos			Brazo izquierdo	Brazo derecho
Si eleva el hombro: +1 Si se presenta abducción de hombro: +1 Si el brazo está apoyado: -1	El brazo está entre 20 grados de flexión y 20 grados de extensión.	1	2 + 1	2 + 1
	Entre 20° y 45° de flexión o más de 20° de extensión.	2		
	El brazo se encuentra entre 45° y 90° de flexión de hombro.	3		
	El brazo está flexionado más de 90 grados.	4		
Antebrazos		Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Si el brazo cruza la línea media o se sitúa por fuera más de 45°: +1	El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.	1	2 + 1	2 + 1
	El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.	2		
Muñecas		Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Si la muñeca se desvía de la línea media: +1	La muñeca está en posición neutral.	1	2 + 1	2 + 1
	La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.	2		
	La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados.	3		
Giro de muñeca		Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Permanece en la mitad del rango.		1	1	1
En inicio o final del rango de giro.		2		
Carga / Fuerza		Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Sin resistencia. Menos de 2kg de carga o de fuerza intermitente.		0	0	0
2-10 kg de carga o fuerza intermitente.		1		
Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 Kg. y es estática o repetitiva.		2		
Si la carga o fuerza es superior a los 10 Kg., y es estática o repetitiva. Los golpes y/o fuerzas aumentan rápidamente		3		
Actividad muscular		Puntos	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Si la postura es estática, mantenida más de un minuto. Si se repite más de 4 veces por minuto.		1	1	1

Autoría propia.

En la tabla siguiente 4.20, se muestra la mejora en tiempo de la actividad interna.

Figura 4.20: Mejora del proceso con la herramienta ergonómica.

Realización de actividad sin herramienta ergonómica.

ACTIVIDAD: DESCARGA DE DADO		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE: OPERADORES DE DESCARGA.			
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuacion (mayor-repetible)	Ajuste	Tiempo Ajustado (minutos)
5	Tomar cavidades de material cortado	110.45	125.80	158.46	150.43	124.46	121.03	112.38	143.99	142.84	157.79	112.38	46.07	46.05	2.64

Realización de actividad con herramienta ergonómica.

ACTIVIDAD: DESCARGA DE DADO		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE: OPERADORES DE DESCARGA.			
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuacion (mayor-repetible)	Ajuste	Tiempo Ajustado (minutos)
5	Tomar cavidades de material cortado	130.22	134.83	123.57	101.89	124.45	100.77	140.86	127.79	127.74	119.42	101.89	38.97	38.95	2.35

Autoría propia.

Como se observa en la toma de tiempos de la 4.20, el tiempo bajo de 2.64 minutos a 2.35 minutos al realizarse con la nueva herramienta, lo que representa una mejora del 10.98 %, además que se tiene una reducción de riesgo ergonómico.

En la imagen 4.21 se muestra el tiempo de descarga con la mejora ergonómica propuesta.

Figura 4.21: Nuevo tiempo de descarga.

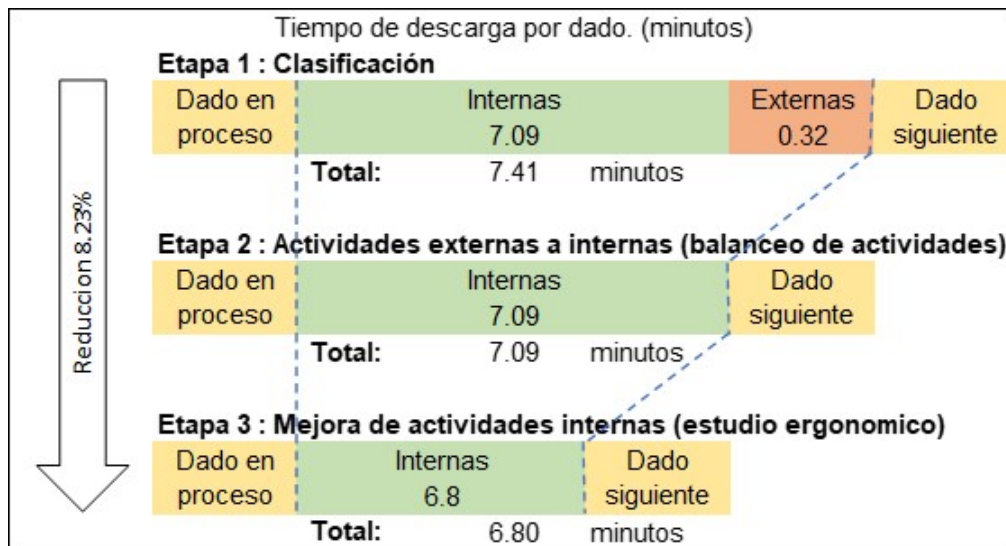
Tiempo sin herramienta de descarga.				Tiempo con la herramienta de descarga propuesta.			
Operador de descarga				Operador de descarga			
No	Actividad	Tipo de actividad	Tiempo (min)	No	Actividad	Tipo de actividad	Tiempo (min)
1	Sacar el dado.	I	0.35	1	Sacar el dado.	I	0.35
2	Transportar dado a mesa de descarga.	I	0.35	2	Transportar dado a mesa de descarga.	I	0.35
3	Cortar tiras de material (scrap).	I	0.26	3	Cortar tiras de material (scrap).	I	0.26
4	Tomar cavidades de material cortado	I	2.64	4	Tomar cavidades de material cortado	I	2.35
5	Formar y amarrar bultos de material cortado.	I	1.74	5	Formar y amarrar bultos de material cortado.	I	1.74
6	Llevar bultos de material cortado a cajas de Kanban.	I	1.05	6	Llevar bultos de material cortado a cajas de Kanban.	I	1.05
7	Retirar scrap (sobrantes del material cortado).	I	0.35	7	Retirar scrap (sobrantes del material cortado).	I	0.35
8	Regresar dado a tendido.	I	0.35	8	Regresar dado a tendido.	I	0.35
Tiempo total de Ciclo			7.09	Tiempo total de Ciclo			6.80
Tiempo total de Ciclo por dado (entre 2 estaciones)			3.54	Tiempo total de Ciclo por dado (entre 2 estaciones)			3.40

Autoría propia.

4.4.2.3. Resumen aplicación SMED.

A continuación se muestran las mejoras en la aplicación de cada uno de los pasos de la metodología SMED.

Figura 4.22: Resumen



Nota: Los 6.80 minutos son por descargar un dado, pero se cuentan con dos estaciones de descarga, por lo que el tiempo por dado se tomara como 3.4 minutos.

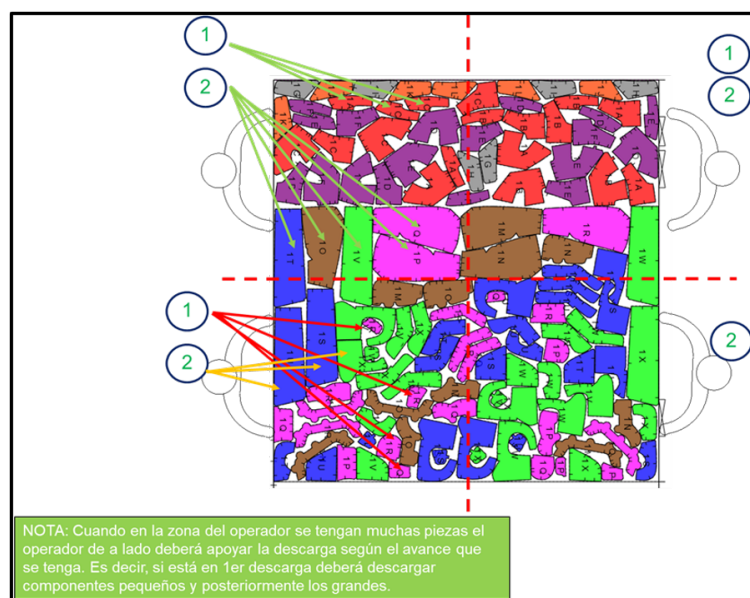
Autoría propia.

4.4.3. Nuevo Método de descarga propuesto

A continuación se describe el método propuesto, usando la imagen 4.23, como referencia del método.

- El dado será dividido en 4 secciones.
- Cada operador se colocará en una sección.
- El operador de la sección será responsable de la descarga de dicha sección.
- Realiza la primera descarga (solo piezas pequeñas). Colocará los bultos dentro de bolsas y cada bolsa en la caja de Kanban.
- Realizar segunda descarga (piezas medianas y grandes). Los bultos serán atados y colocados en la caja de Kanban.
- Cuando la capacidad de descarga del operador no sea suficiente el operador de al lado brindara apoyo.
- Una vez descargado el dado es liberado y es desalojado del área para colocar el siguiente.

Figura 4.23: Método propuesto



Autoría propia.

4.4.3.1. Resultados del método propuesto.

Figura 4.24: Resultado del método propuesto.

Tiempo con método de descarga actual.													
ACTIVIDAD: DESCARGA DE DADO		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE: OPERADORES DE DESCARGA.	
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuación (mayor-repetible)
6	Formar y amarrar bultos de material cortado.	97.63	96.26	101.75	93.19	83.96	90.90	103.31	81.91	104.55	94.73	83.96	20.59
												20.57	1.74

↓

Tiempo con nuevo método de descarga.													
ACTIVIDAD: DESCARGA DE DADO		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE: OPERADORES DE DESCARGA.	
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuación (mayor-repetible)
6	Formar y amarrar bultos de material cortado.	88.16	82.42	91.43	84.20	82.99	89.16	89.00	86.38	83.65	87.54	82.99	8.44
												8.42	1.52

Autoría propia.

Tras la realización de las pruebas piloto, se cronometra el tiempo de formar y amarrar los bultos la cual se muestra en 4.24, pues era la actividad que se ve mayor mente afectada al probar el método de descargar por cuadrantes, teniendo una reducción de tiempo, el cual paso de 1.74 minutos a 1.52 minutos, lo que representa un 12.64 %.

En el análisis estadístico presentado en la figura 4.25 podemos concluir que: el valor de P de dos colas es menor a .05 se acepta que existe una diferencia significativa entre el método actual y el método propuesto, además que por el método propuesto tiene una media significativamente menor al método actual, demostrando que las pruebas del nuevo método de descarga arrojaron una reducción de tiempo.

Figura 4.25: Análisis estadístico.

Formar y amarrar bultos de material cortado.			
Método actual	Método propuesto		
97.63	88.16	Media	94.8193
96.26	82.42	Varianza	58.5980
101.75	91.43	Observaciones	10.0000
93.19	84.20	Coefficiente de correlación de Pearson	0.2825
83.96	82.99	Diferencia hipotética de las medias	0.0000
90.90	89.16	Grados de libertad	9.0000
103.31	89.00	Estadístico t	3.5593
81.91	86.38	P(T<=t) una cola	0.0031
104.55	83.65	Valor crítico de t (una cola)	1.8331
94.73	87.54	P(T<=t) dos colas	0.0061
		Valor crítico de t (dos colas)	2.2622

t = 3.559
P = 0.0061 (P < 0.05)

Autoría propia.

4.4.3.2. Nuevo balance de tiempos.

En la siguiente tabla 4.26, se muestra el resultado de los nuevos tiempos.

Figura 4.26: Nuevo tiempo de descarga.

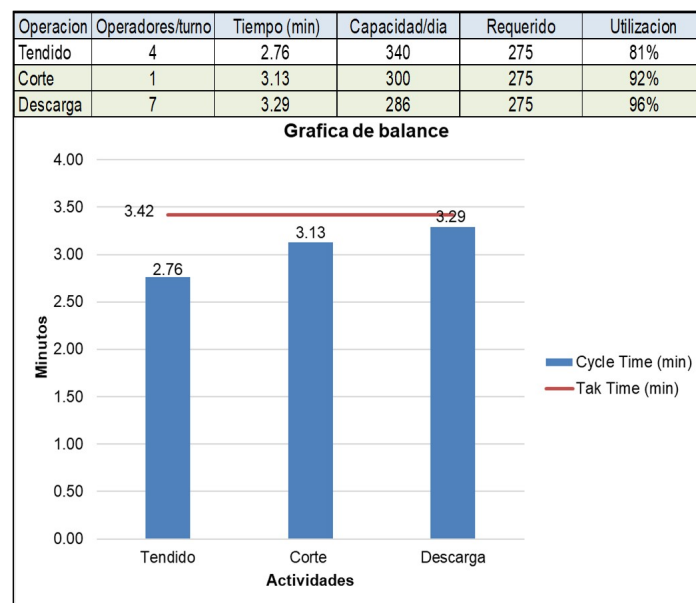
ACTIVIDAD: DESCARGA DE DADO		MUESTRAS DE TIEMPO (SEG)										RESPONSABLE: OPERADORES DE DESCARGA.			
#	Elementos de Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo repetible más bajo	Fluctuación (mayor-repetible)	Ajuste	Tiempo Ajustado (minutos)
1	Sacar el dado.	20.88	18.81	17.71	17.33	19.36	19.52	17.72	18.72	17.51	18.90	17.51	3.37	3.35	0.35
2	Transportar dado a mesa de descarga.	19.66	18.92	18.52	18.21	20.24	20.78	20.94	17.64	18.91	17.73	17.73	3.21	3.19	0.35
3	Cortar tiras de material (scrap).	13.36	12.35	13.85	14.16	13.90	12.66	15.55	13.12	15.26	13.47	12.66	2.89	2.87	0.26
4	Tomar cavidades de material cortado	130.22	134.83	123.57	101.89	124.45	100.77	140.86	127.79	127.24	119.42	101.89	38.97	38.95	2.35
5	Formar y amarrar bultos de material cortado.	88.16	82.42	91.43	84.20	82.99	89.16	89.00	86.38	83.65	87.54	82.99	8.44	8.42	1.52
6	Llevar bultos de material cortado a cajas de Kanban.	53.86	62.73	51.80	62.88	53.62	57.98	58.51	58.67	57.23	63.27	53.62	9.65	9.63	1.05
7	Retirar scrap (sobrantes del material cortado).	18.84	16.94	17.32	19.36	18.07	20.14	20.03	21.01	20.46	19.07	17.32	3.69	3.67	0.35
8	Regresar dado a tendido.	18.78	21.00	16.84	17.80	18.97	16.87	19.87	19.71	18.82	17.68	16.87	4.13	4.11	0.35
Tiempo Total de Elementos (minutos):												5.34	1.24	1.24	6.58

Nota: Los 6.58 minutos son por descargar un dado, pero se cuentan con dos estaciones de descarga, por lo que el tiempo por dado se tomara como 3.29 minutos.

Autoría propia.

En la gráfica 4.27, se muestra el nuevo balance, incluyendo el nuevo método de descarga y el cambiar la actividad externa a interna.

Figura 4.27: Nuevo balance



En la figura 4.28, se muestra el comparativo del tiempo inicial vs el tiempo con las mejoras propuestas, mostrando una mejora en tiempo de 0.42 minutos, lo que representa un 11.32 % que equivale a 32 dados procesados más por día.

Figura 4.28: Balance actual vs propuesto.

Balance actual.					
Operacion	Operadores/turno	Tiempo (min)	Capacidad/dia	Requerido	Utilizacion
Tendido	4	2.76	340	275	81%
Corte	1	2.49	377	275	73%
Descarga	7	3.71	254	275	108%



Balance propuesto.					
Operacion	Operadores/turno	Tiempo (min)	Capacidad/dia	Requerido	Utilizacion
Tendido	4	2.76	340	275	81%
Corte	1	3.13	300	275	92%
Descarga	7	3.29	286	275	96%

4.5. Controlar

En la parte de controlar se tomo como referencia el siguiente articulo, el cual habla sobre la integración de la industria 4.0 en las metodologías del six sigma Pongboonchai-Empl, Antony, Garza-Reyes, Komkowski, y Tortorella (2023), por lo tanto, en la parte de controlar, se propone el diseñar indicadores los cuales se mostraran en un Dashbord, el cual se creo basándose en la metodología propuesta en Viera, Borrego, y Viera (2021), la información se presenta en la imagen 4.29, donde se muestran los tendidos, dados cortados y dados descargados por hora, así como un símbolo que indica si se llego a la meta establecida por hora.

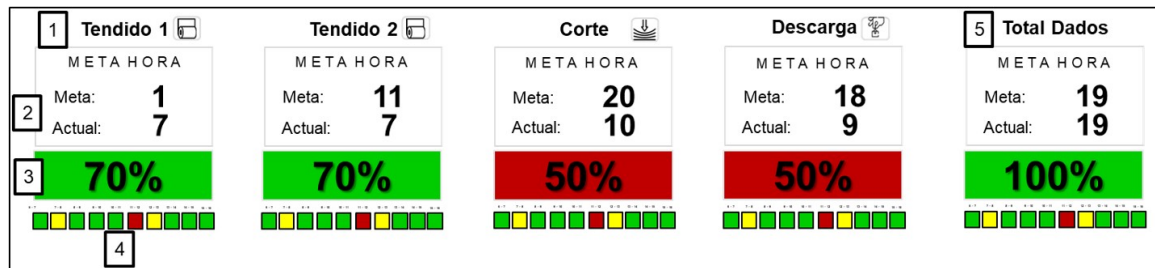
Figura 4.29: Datos de Dashboard

Operacion		Tiempo (min)	Datos por hora	
Tendido		2.76	22	
Corte		3.13	20	
Descarga		3.29	19	

DASHBOARD													
Turno A		Tendido						Corte			Descarga		
		Mesa 1			Mesa 2			Dados cortados			Dados descargados		
		Tendidos	Estado	Eficiencia	Tendidos	Estado	Eficiencia	Dados	Estado	Eficiencia	Dados	Estado	Eficiencia
6:00 a.m.	7:00 a.m.	11	✓	100%	1	⚠	9%	20	✓	100%	19	✓	100%
7:00 a.m.	8:00 a.m.	11	✓	100%	1	⚠	9%	20	✓	100%	19	✓	100%
8:00 a.m.	9:00 a.m.	1	⚠	9%	3	⚠	27%	20	✓	100%	18	✓	95%
9:00 a.m.	10:00 a.m.	11	✓	100%	1	⚠	9%	20	✓	100%	18	✓	95%
10:00 a.m.	11:00 a.m.	1	⚠	9%	1	⚠	9%	20	✓	100%	11	⚠	58%
11:00 a.m.	12:00 p.m.	1	⚠	9%	1	⚠	9%	20	✓	100%	11	⚠	58%
12:00 p.m.	1:00 p.m.	10	✓	91%	11	✓	100%	10	⚠	50%	10	⚠	53%
1:00 p.m.	2:00 p.m.	11	✓	100%	10	✓	91%	10	⚠	50%	10	⚠	53%
3:00 p.m.	4:00 p.m.	1	⚠	9%	1	⚠	9%	1	⚠	5%	1	⚠	5%
4:00 p.m.	5:00 p.m.	1	⚠	9%	1	⚠	9%	1	⚠	5%	1	⚠	5%

Autoría propia.

Figura 4.30: Dashboard



Autoría propia.

A continuación se describe las partes que conforman el Dashboard presentado en la figura 4.30, del cual se pretende que se tome la información de la tabla 4.29.

- 1: Lo primero es dividir el proceso en las etapas que lo componen, esto con la finalidad de tener información precisa de lo que se está procesando, así se podrá tener información en tiempo real la cual sea fácil de interpretar, se identificara cada etapa con el nombre de la actividad (Tendido, Tendido 2, Corte, Descarga), el cual se mostrará con un icono relacionado, con la finalidad de que sea más fácil de interpretar la información.
- 2: Se mostrará la meta de los datos que se deben procesar por hora en base a los tiempos tomados (Meta), así como los datos que se han procesado en el transcurso de la hora (Actual).
- 3: En esta parte se mostrará la eficiencia por hora, con esto se puede medir el estado actual del proceso, ya que, si la cantidad de datos en determinado tiempo es menor a la proyectada, la eficiencia aparecerá en color rojo, mientras que, si los datos procesados van de acuerdo con los tiempos, aparecerá en verde.
- 4: Las horas transcurridas durante el turno estarán representadas por cuadros, estos cuadros mostrarán el color en base al desempeño del proceso.
- 5: Se mostrara un resumen de las operaciones anteriores, mostrando la eficiencia global durante el turno.

Capítulo 5

Conclusiones y trabajo futuro

5.1. Conclusiones

- Con la elaboración de esta investigación se puede determinar que, al presentarse una problemática en un proceso productivo, es recomendable analizar las actividades anteriores y subsecuentes que contribuyen la realización de la actividad, seleccionando las metodologías que mas se ajusten al proceso con el fin de determinar y aprovechar las áreas de oportunidad.
- Es importante la observación del proceso, así como el considerar los comentarios de las personas quienes lo realizan, pues generalmente los operadores son quienes tienen más experiencia en las actividades y pueden ayudar a comprender las problemáticas que se presentan, así como posibles soluciones.
- En la elaboración de una investigación, es común el encontrar diversos autores dando su punto de vista de un tema en común, por lo que es importante el comparar ambos puntos de vista y tomar lo relevante para la investigación que se esta desarrollando.

5.2. Trabajo futuro

- Se seguirá evaluando la herramienta ergonómica, aunque se comprobó que reduce el tiempo para sacar el material cortado y el riesgo ergonómico en comparación a como se hacia solo con las manos, los operadores comentan que aún se tiene área de oportunidad en cuanto al diseño de la herramienta.
- Se seguirán probando los métodos propuestos, y buscar mas mejoras en el proceso.
- Para la parte de control, se planea que los datos del dashboard sean registrados de manera automática, con la finalidad de eliminar el sesgo al cargar la información.

- Se espera que la investigación sirva como referencia para aquellos que busquen como implementar metodologías de mejora en los procesos relacionados con corte prensa

Referencias

- Arias Morán, J. G. (2021). Aplicación de smed en el cambio de artículo para mejorar la productividad en el área de tejeduría de un textil en el 2021.
- Chávez, L. E. S., y Silva, D. H. Z. (2020). La ergonomía y el rediseño de puestos de trabajo. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 2(4), 1–12.
- die international. (s/f)., O. (2024, agosto). *Ontario die*. <https://www.ontariodie.com/>.
- Ergosoft. (2024). *Ergonomia*. <https://ergosoft.nextprevencion.com/index.php?lg=ES>.
- ERP., G. ((2020, junio 10)). *hat is a manufacturing buffer?* <https://www.geniuserp.com/resources/blog/what-is-a-manufacturing-buffer/>.
- Escobedo, L. V., E.Socconini Pérez Gómez. (2021). *Lean six sigma green belt: paso a paso*. Lean six sigma green belt: paso a paso.
- Felizzola Jiménez, H., y Luna Amaya, C. (2014). Lean six sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263–277.
- Ibarra Albuja, C. D., Berrazueta Lanas, G. S., y cols. (2019). *Aplicación metodología dmaic en empresa textil con enfoque en reducción de costos* (B.S. thesis). Quito.
- Lefcovich, M. L. (2009). *Cambio rápido de herramientas y reducción en tiempos de preparación nueva y más amplia versión del smed*. El Cid Editor.
- López, S. L., González, S. H., Fernández, V. F., de la Cruz Madrigal, I., y García, J. A. J. (2021). Aplicación de metamodelos para optimizar sistemas de manufactura con arreglo en serie, sin fallas y con asignación finita de buffer (application of metamodels to optimize manufacturing systems with serial arrangement, without failures and with finite buffer allocation). *Pistas Educativas*, 42(138).
- Mahecha Mera, H., y cols. (2017). Implementación de una herramienta “dashboard” para el control y gestión de procesos automatizados en colpensiones.
- Morales, M. C. F., García, S. F., Quezada, M. D. G., Silva, R. S., Chew, A. H., y Pierce, J. E. C. (2016). Smed: técnica de manufactura con gran impacto en la reducción de costos. *Cultura Científica y Tecnológica*(55).
- Orona, G. A. M., Sánchez, A. F., Zepeda, P. I. G., y Reyes, M. P. (2023). Análisis ergonómico mediante la aplicación del método rula en proceso de industria manufacturera. *Revista IPSUMTEC*, 6(3), 103–111.
- Palacios, L. C. (2016). *Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos (2a. ed.)* (Vol. 19).

- Ecoe Ediciones.
- Pongboonchai-Empl, T., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Komkowski, T., y Tortorella, G. L. (2023). Integration of industry 4.0 technologies into lean six sigma dmaic: A systematic review. *Production Planning & Control*, 1–26.
- Salazar Zúñiga, G. J. (2021). Propuesta de implementación de la metodología dmaic para la reducción de tiempos improductivos en el área de limpieza de fruta de una empresa agrícola durante la campaña de uva.
- Sanclemente, A. (2021). *Lean six sigma aplicación en mipymes de calzado y marroquinería*. Sello Editorial Unicatólica.
- Ulutas, B. (2011). An application of smed methodology. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 5(7), 1194–1197.
- Viera, Y. C., Borrego, J. M., y Viera, E. C. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Revista cubana de transformación digital*, 2(3), 56–76.
- Weiss, S., Schwarz, J. A., y Stolletz, R. (2019). The buffer allocation problem in production lines: Formulations, solution methods, and instances. *IIE Transactions*, 51(5), 456–485.