

Título del Proyecto

de Investigación a que corresponde el Reporte Técnico:

Reducción de costos y tiempos de cambio de modelo de set-up en máquinas de corte en Electrocomponentes J7, J6 y J3 (SMED)

Tipo de financiamiento

Electrocomponentes Internacional

TÍTULO DEL REPORTE TÉCNICO

Reducción de costos y tiempos de cambio de modelo de set-up en máquinas de corte en Electrocomponentes J7, J6 y J3 (SMED)

Autores del reporte técnico:

Alumnos: Edgar Eduardo Martínez Aguilar

Director de Proyecto: Dra. María Teresa Escobedo Portillo

RESUMEN

Reducción de tiempos de cambio de modelo de set-up en máquinas de corte (SMED)

En el proyecto se buscó reducir el tiempo de un cambio de herramientas o mejor conocido como SMED, en este se sabrá en que consiste la metodología que se usa para realizar la meta a alcanzar. Una vez viendo esto se puede tener en mente el cómo se puede implementar o atacar las partes más graves que estén ocasionando los problemas. Se da una visión de lo que son las maquinas cortadoras de cable, para tener como referencia el cómo son y sus especificaciones. (Singh, 2018) Menciona que el SMED es el acrónimo de “*Single Minute Exchange Of Die*”, que prácticamente quiere decir “cambio de una matriz en minutos de un solo dígito”. En la práctica la implementación de esta herramienta puede ahorrar el tiempo de un cambio de producto a otro.

Con la implementación de SMED (*Single minute of Exchange of die*), reducción de tiempos de modelo a una sola cifra, se podrá detectar el o los problemas que se pueden estar causando el elevado tiempo del cambio, conforme a los movimientos innecesarios y los tiempos muertos que pueden ser causados dentro del mismo cambio. Ya con la metodología en su implementación se podrá resaltar el número de producción alcanzado por día o por semana, conllevado al mayor tiempo de aprovechamiento de trabajo de la máquina. Como parte de la implementación se dará un área de trabajo más limpia y organizada eliminando estantería innecesaria para que el cortador y se sienta más cómodo al realizar el trabajo.

Implementar un cambio de modelo con dos personas para agilizar el tiempo, específicamente cuando se un cambio de herramientas completo.

Con estas implementaciones y cambios se aumenta la cantidad de cable cortado, comprobando la cantidad de cable que se cortaba antes de la implementación y después del funcionamiento del proyecto. Se aprovecha a su vez la mayor eficiencia de las máquinas y se corta con menos maquinas la capacidad requerida de la demanda y así

también se estaría reduciendo gastos para la empresa y el OEE de las maquinas sería mejor.

Se demuestra durante este proyecto los tiempos actuales de los cambios y si mismo los tiempos que se van presentando con las mejoras implementadas en el proceso y de cómo es que se recabaron los datos, dando siempre a relucir con tablas de datos la información obtenida y puedan tener en claro de cómo es que se obtuvieron estos. Observamos cada una de las partes implementadas y como es que se desarrollaron para que se pudieran adaptar a la mejora del proceso, desglosando por puntos el cómo se va obteniendo los resultados en el proceso del cambio.

En la parte primordial se dan a conocer los resultados después de la implementación y los beneficios que obtiene la empresa donde se realizó, para así tener visualizado el impacto de este proyecto.

SUMMARY

Reduction of set-up model change times in cutting machines (SMED)

This project seeks to reduce the time of a tool change or known as SMED, in this it is seen what the methodology used to achieve the goal to be achieved consists of. Once you see that, you can keep in mind how you can implement or attack the most serious parts that are causing the problems. An overview of what cable cutting machines are is given, to have as a reference how they are and their specifications. (Singh, 2018) He mentions that SMED is the acronym for "*Single Minute Exchange Of Die*", which practically means "change of a matrix in single-digit minutes". In practice, the implementation of this tool can save time from one product change to another.

With the implementation of SMED (*Single minute of Exchange of die*), reduction of model times to a single figure, it will be possible to detect the problem or problems that may be causing the high change time, according to unnecessary movements and times deaths that can be caused within the same change. Already with the methodology in its

implementation, the number of productions achieved per day or per week can be highlighted, leading to the longest working time of the machine. As part of the implementation, a cleaner and more organized work area will be provided by eliminating unnecessary shelving so that the cutter feels more comfortable when carrying out the work.

Implement a model change with two people to speed up time, specifically when doing a complete tool change.

With these implementations and changes, the amount of cable cut is increased, by checking the amount of cable that was cut before implementation and after project operation. At the same time, the greater efficiency of the machines is taken advantage of and the required capacity of the demand is cut with fewer machines, thus also reducing costs for the company and the OEE of the machines would be better.

During this project, the current times of the changes and itself the times that are presented with the improvements implemented in the process and how the data was collected are demonstrated, always revealing with data tables the information obtained and can be clear about how these were obtained. We observe each of the implemented parts and how they were developed so that they could be adapted to the improvement of the process, breaking down by points how the results are obtained in the change process.

In the main part, the results are made known after the implementation and the benefits obtained by the company where it was carried out, in order to have the impact of this project visualized.

Palabras Clave

- SMED:
El sistema del SMED está diseñado especialmente para la reducción de actividades internas y externas de un cambio de modelo o de set-up, que además es una herramienta de la manufactura esbelta.
- 5'S:
También se considera una herramienta de la manufactura esbelta, especializada en estandarizar los establecimientos de un proceso, lugar de almacenaje o lugar de trabajo para que se encuentre en un entorno mas estable y ordenado.
- Proceso:
Se le define como proceso al conjunto de pasos o etapas con el fin un un resultado o producto esperado.
- Lean Manufacturing:
Lo definimos como la materia que se aplica para la eliminación de desperdicios que nos ayudaran a mejorar algún proyecto o proceso, con ayuda de herramientas metodológicas de la manufactura esbelta.
- Ahorro:
En la industria nos referimos como ahorro a todos aquellos recursos que se puedan reservar sin tener pérdidas importantes.
- Cortadora Komax:
Esta maquinas abundan en la industria manufactura de arneses y es una máquina automática de procesamiento de cables de secciones comprendidas a diferentes medidas dependiendo de la demanda del cliente.
- Modelo:
Un modelo es la definición del tipo de algún producto para lograr diferenciarlo del resto. Cada modelo contiene sus propias características físicas y funcionales.

Dedicatoria

Gracias a Dios por esta bendición, fue un gran paso para mí en esta vida donde me di cuenta de mis habilidades y del potencial que tengo. Crecí y maduré como persona en muchos sentidos y solo las personas que estuvieron cerca de mí en todo este trayecto saben las dificultades que tuve que sobrepasar para llegar hasta aquí.

Ver la cara de mi madre orgullosa no hay una escena más poderosa que darle un beso y una rosa, esto se lo dedico especialmente a ella que fue mi cimiento para que nunca me rindiera, el hombro donde yo me podría postrar después de un día largo, mi motivación y la siempre sacrifico su tiempo, su energía para que yo pudiera ser algo en esta vida. Lo que mi padre trabajó para que nunca me falte nada, si le fallé en algún momento doy la cara. Se convirtió en mi ejemplo a superar y en mi ídolo, nunca se rindió, todas las dificultades que tuvo que soportar y derramo hasta la última gota de su frente para que yo tuviera esta oportunidad en mi vida. Aunque lo material no llena como lo sentimental no hay un premio que se pueda comparar, como el rostro de mi viejo al observar mis logros como regalo, aunque no fuera Navidad.

A las personas que me ayudaron profesionalmente para ser el ser humano que soy hoy en día. Alfredo Madrid, que me mostraste la virtud de la paciencia y de lo que es un verdadero líder, Juan Manuel Ruiz, mi mentor hoy en día y le agradezco cada granito de sabiduría, la determinación de siempre estar abierto a enseñar y la paciencia de desarrollarme profesionalmente. Y por último a Armando Rodriguez que a pesar de ser yo muy joven me dio ese empujón a la espalda para que pudiera explotar todas mis habilidades y gracias a ello siempre le estaré agradecido.

Por mi hermana pequeña, mis ojos y la fuerza de voluntad que me falta para nunca rendirme ya que lucho no solo por mí, lucho por los dos. Mi hermano mayor que crecimos juntos y tal vez la persona que más me conozca en este mundo “ My destiny is my only enemy, cuantas veces yo caí, pero proseguí” todo lo que tuviste que vivir y a pesar de ello hoy en día estas firme conmigo cuidándome y corrigiéndome cuando me desvió del camino.

La gente que estuvo conmigo, a mi barrio ellos saben quiénes son, es un orgullo haber crecido en esas calles, que a pesar de todo lo que pasamos y todo lo que soñamos juntos aquí estoy ahora cumpliendo el mío. A Victor por ser mi mejor amigo desde hace 20 años. Luis mi hermano de batallas en este destino fue una bendición haberte conocido, siempre dándonos la mano desde el primer día que nos conocimos. A Alfonso que a pesar de todas las diferencias marco un antes y un después en mi persona y siempre estará en mi corazón y agradecido con él. Karina y Adilene que el tiempo nos de estar juntos para siempre. Yo no lucho por un terreno pavimentado, ni por metros cuadrados, ni por un sueño dorado, yo lucho por un paisaje bien perfumado y por un buen plato de comida acompañado. Por la sonrisa de mi madre que vale un millón, lucho por mi abuela meciéndose en su sillón, lucho por mi familia en mi corazón y por lo bonito que se ve la Laguna desde un avión. ¡Gracias! Edgar E. Martinez Aguilar

Carta de Participación.



Electrical Components
International

Service is Everything!

ELECTRO COMPONENTES DE MEXICO, S.A DE C.V.

CALLE RIVERA LARA #6132
PARQUE INDUSTRIAL RIVERA LARA
TEL. 6 86 09 72
MEXICO C.P. 32040
CD. JUAREZ, CHIH

12415 ROJAS DR.
EL PASO, TX. 79928
(915) 860 5081 FX 860 5015

Cd. Juárez, Chih. A 13 de octubre 2020

A QUIEN CORRESPONDA

Presente. -

Por medio de la presente hacemos constar que el **C. Edgar Eduardo Martinez Aguilar**, alumno en su institución, de la carrera de **Ingeniería Industrial** con matrícula **140489** realizó sus prácticas profesionales en esta empresa "Electro componentes de México S.A. de C.V." desde el día **05 de diciembre 2018 al 12 de Agosto 2019, participando en el proyecto "SMED" para las cortadoras de Juarez 3, Juarez 6 y Juarez 7.**

De ser necesaria mayor información, favor de comunicarse con quien suscribe al teléfono (656)686-0972 ext. 1325.

La razón social de la empresa es **ELECTROCOMPONENTES DE MEXICO, S.A. DE C.V.** con RFC: **ECM 710819BW5**, y Registro Patronal **35030325100** y esta ubicada y esta ubicada en la calle **RAMON RIVERA LARA 6132 C.P. 32040** siendo su principal giro manufactura de Arneses.

Atentamente

Lic. Ericka Nava Montes
Especialista de Recursos Humanos
Electrocomponentes de México S.A de C.V



Ing. Jose Felipe Galvan Monsivais
Coordinador de Ing. De Mfg,
Electrocomponentes de Mexico S.A de C.V

INDICE

RESUMEN	2
Palabras Clave	5
<i>Dedicatoria</i>	6
Carta de Participación.....	7
INDICE	8
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE TABLAS.....	12
INDICE DE GRAFICAS	13
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1 Introducción	14
1.2 Antecedentes	14
1.3 Planteamiento del problema	15
1.4 Objetivos	16
1.4.1Objetivo general	16
1.4.2Objetivos específicos	16
1.5 Justificación.....	16
CAPITULO II: Planteamiento	17
2.1 SMED17	
2.2 Objetivos del SMED.....	17
2.3 Atributos de la filosofía SMED	18
2.4 Importancia de reducir el tiempo de inactividad.....	18
2.5 Antecedentes del SMED.....	19
2.6 Las cuatro fases del SMED según Shigeo Shingo	20
2.7 Condiciones para la aplicación exitosa de esta metodología	21
2.8 Los 7 desperdicios	21
2.8.1 Sobre producción.....	21
2.8.2 Sobre inventario.....	22
2.8.3 Productos Defectuosos	22
2.8.4 Transporte de materiales.....	22

2.8.5 Procesos innecesarios	22
2.8.6 Espera	23
2.8.7 Movimientos Innecesarios de las personas	23
2.9 Maquinas cortadoras de cable Komax	23
2.9.1 Komax Gamma 333 PC	24
2.9.2 Komax Alpha 355	24
2.9.3 Komax Alpha 433	25
2.9.4 Komax Alpha 530	26
CAPITULO III: METODOLOGIA	27
3.1 Inventario de cortadoras planta J3, J6 Y J7	28
3.2 Clasificación de los diferentes tipos de cambios	29
3.3 Descripción de actividades.....	29
3.3.1 Diagrama de recorrido	32
3.3.2 Descripción de los tiempos	33
3.4 Calibración de prensas a una sola altura	34
3.4.1 Adecuación del cuarto de aplicadores	34
3.4.2 Mesa adecuada para ajustes.....	35
3.4.3 Definición de modelo de gente por planta	38
3.4.4 Ruta de entrega para ajuste de dados	39
3.4.5 Plan de entrega de prensas calibradas	40
3.5 Aplicación de proceso (Prensa calibrada)	41
3.5.1 Análisis de videos con la mejora implementada.....	41
3.5.2 Diagrama de recorrido con prensas calibradas	42
3.5.3 Mejora representada en comparación con mejora	43
3.6 Aplicación de cambio de herramientas con dos personas	44
3.6.1 Posición de dos cortadores	44
3.6.2 Análisis de actividades paralelas.....	45
3.6.2.3 Tabla de actividades para cambio largo	49
3.6.3 Mejora con dos personas participes del cambio	56
CAPITULO IV: RESULTADOS	57
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENACIONES.....	60
5.1 Conclusión.....	60

5.2 Recomendaciones	61
FUENTES CONSULTADAS	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Maquina cortadora Komax Gamma 333	24
Figura 2: Maquina cortadora komax alpha 355	25
Figura 3: Maquina cortadora komax alpha 433	26
Figura 4: Maquina cortadora komax alpha 530.	27
Figura 5: Diagrama de recorrido actual	32
Figura 6: Prensa calibrada en el centro de aplicadores.....	34
Figura 7: Mesa adecuada para ajustes.....	35
Figura 8: Ventana principal del sistema.....	36
Figura 9: Asignación de cargas	36
Figura 10: Hoja de corte	37
Figura 11: Flujo de materia prima (Layout de la planta)	40
Figura 12: Diagrama de recorrido con mejora	42
Figura 13: Posición de ambos cortadores	44
Figura 14: Diagrama de actividades paralelas de un cambio mediano.....	47
Figura 15: Diagrama de actividades paralelas para un cambio largo	51
Figura 16: Diagrama de un cambio corto.....	55
Figura 17: Comparación de tiempos con mejora de dos operadores	56
Figura 18: Mejora de cable cortados	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Inventario de cortadoras en la planta.....	28
Tabla 2: Clasificación de los cambios.....	29
Tabla 3: Tiempos recabados del proceso.....	30
Tabla 4: Descripción de las actividades.....	32
Tabla 5: Tiempos actuales del proceso	33
Tabla 6: Modelo de gente J3	38
Tabla 7: Modelo de gente J6	38
Tabla 8: Modelo de gente J7	39
Tabla 9: Plan de entrega para prensas calibradas	40
Tabla 10: Tabla de actividades con prensa calibrada.....	41
Tabla 11: Tabla de actividades	43
Tabla 12: Comparación de tiempos	43
Tabla 13: Actividades paralelas de un cambio mediano.....	46
Tabla 14: Descripción de resultados.....	48
Tabla 15: Actividades paralelas de un cambio largo.....	49
Tabla 16: Tabla de resultados para un cambio largo.....	52
Tabla 17: Actividades a la par	53
Tabla 18: Actividades de un cambio corto	54
Tabla 19: Resultados de un cambio corto	55
Tabla 20: Cables cortados durante 7 semanas	57
Tabla 21: Porcentaje de mejora.....	58
Tabla 22: Ahorro en costo de maquinaria.....	59

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1: Porcentaje de cortadoras	28
Grafica 2: Cable cortado sin mejora	58
Grafica 3: Corte con mejora.....	59
Grafica 4: Ahorro en equipo.....	59

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El proyecto busca reducir tiempo en el cambio de herramientas para las máquinas de corte de cable komax que se encuentran en la empresa Electro componentes de México, con la finalidad de que el proceso sea más eficiente.

1.2 Antecedentes

ECI fue fundada en 1953 como proveedor de mazos de cables y el cable se pone a la industria de línea blanca buena norteamericano. Durante los próximos 50 años, la CTI capturó una parte al mando de la industria de electrodomésticos de línea blanca y se expandió a los servicios de montaje. La compañía continuó su crecimiento mediante la expansión geográfica y proporcionando los mismos productos y servicios en muchas otras industrias. El éxito de la CTI se puede atribuir al enfoque de la compañía en proporcionar una solución total de costos a través de una calidad superior, la ingeniería, la experiencia técnica y servicio al cliente excepcional.

Como Componentes eléctricos Internacional se acerca a su 65 aniversario, entra en un período emocionante para la compañía. ECI se ha convertido en un proveedor líder de mazos de cables, subconjuntos y servicios de montaje de valor añadido a una amplia base de clientes y ha construido una posición de liderazgo dentro de la industria de electrodomésticos de línea blanca de América del Norte. El negocio ha experimentado un crecimiento fuerte y consistente, y hemos emprendido una serie de iniciativas estratégicas que tanto mejorar nuestra propuesta de valor y ampliar nuestra capacidad de servir a nuestros clientes a nivel mundial.

En los últimos años, ECI ha dado pasos importantes en plan estratégico para expandirse a nivel internacional y diversificar nuestra oferta de productos. Han hecho muchas adquisiciones, duplicando el tamaño de su organización y base de clientes. Ha construido un estado en las instalaciones de Futian, China y Tánger, Marruecos para expandir el alcance geográfico y mejorar la eficiencia. Abrieron instalaciones en Juárez, México, ha diseñado específicamente para ampliar nuestra oferta de productos en mercados especializados. ECI ha evolucionado hasta convertirse en una compañía de más de 700 millones de dólares que proporciona los mazos de cables, cables de alimentación, cables de alambre y montajes electromecánicos para una variedad de industrias.

La familia de ECI ha crecido a más de 17.000 personas, con localizaciones ahora abarca más de 15 países de América del Norte, Europa y Asia. Este grupo de individuos altamente cualificados dirigidos por un equipo de gestión de clase mundial continúa moviéndose la empresa hacia mejores prácticas compartidas, y ha creado una, ECI más competitiva más fuerte. Seguimos mejorando nuestra estructura interna a través de iniciativas de *Lean Manufacturing*, no sólo en la planta de producción, pero en todos los departamentos, incluyendo recientemente su servicio al cliente y grupos de planificación.

1.3 Planteamiento del problema

Las maquinas cortadoras de cable presentan un alto índice de tiempo en los cambios de modelo y este problema debe ser tratado desde el principio del proceso en el que comienza el cambio, en la actualidad un cambio completo de herramientas está rondando entre los 17 y 22 minutos de tiempo, en un promedio ponderado de 13.88 minutos, estos se han recabado conforme a una serie de videos que se han registrado para analizar el proceso. Entre los cambios de modelo están entre diferentes tipos y hay varios factores que inciden en el cambio, como por ejemplo el calibre del cable, tipo de terminal, sellos dependiendo a lo que se requiere en la hoja de corte.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Reducir costos y tiempo del proceso de cambio de modelo con la implantación del el sistema SMED, para reducir el tiempo de 13.88 minutos a 5 minutos promedio ponderado que es el tiempo establecido a cumplir, esto dado a la meta establecida por el director de operaciones.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Aplicar la metodología SMED y para poder alcanzar la reducción de tiempo de ajuste de aplicadores en los diales, causa por la cual se tarda en hacer el cambio, se hacen varias muestras hasta que de las alturas de terminal establecidas por calidad.
2. Implementar un cambio de modelo con dos personas para agilizar el tiempo, específicamente cuando se un cambio de herramientas completo. Todo esto con los diferentes tipos de máquinas de cortes que se encuentran en la planta. (Komax Gamma 333PC, Komax Alpha 355,(Pasar a objetivos específicos)
3. Hace un análisis de ahorros comparando los resultados con los gatos actuales de la empresa haciendo un pronóstico adecuando.

1.5 Justificación

Con la implementación de SMED (*Single minute of Exchange of die*), reducción de tiempos de modelo a una sola cifra, se podrá detectar el o los problemas que se pueden estar causando el elevado tiempo del cambio, conforme a los movimientos innecesarios y los tiempos muertos que pueden ser causados dentro del mismo cambio.

Ya con la metodología en su implementación se podrá resaltar el número de producción alcanzado por día o por semana, conllevado al mayor tiempo de aprovechamiento de trabajo de la máquina.

CAPITULO II: Planteamiento

2.1 SMED

(Singh, 2018), menciona que el SMED es el acrónimo de “*Single Minute Exchange Of Die*”, que prácticamente quiere decir “cambio de una matriz en minutos de un solo dígito”. En la práctica la implementación de esta herramienta puede ahorrar el tiempo de un cambio de producto a otro siendo este una extensión de Lean manufacturing.

Lean manufacturing es un concepto muy grande que utiliza muchas herramientas para la mejora y optimización de los recursos de algún proceso o modelo de cambio. Según (Socconini, L. 2019), “*Lean manufacturing (manufactura esbelta) se puede definir como proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso.*”

2.2 Objetivos del SMED

El principal objetivo de esta metodología es reducir los costos y el tiempo de inactividad cuando se está haciendo el cambio. A lo que se le define tiempo de inactividad al cambio de herramientas al periodo que transcurre al momento de iniciar el cambio, hasta que llega transcurre el tiempo que cae la primera pieza del cambio de lote, cumpliendo con las características de calidad establecidas.

¿Cuánto tiempo se puede reducir implementando SMED? (Singh, 2018), la premisa básica del SMED como herramienta dentro de lo que es manufactura esbelta, es principalmente ahorrar con pequeñas inversiones o incluso aprovechar la mayor parte de los recursos de la organización, enfocándose en el proceso de producción del cambio, algunos de los factores pueden ser los siguientes.

- Generalmente se puede notar más la reducción del tiempo en el cambio cuando este mismo tiene una duración amplia de tiempo.
- La capacitación del personal que hace el cambio, toda medición o una mejora que se quiera implementar se debe hacer con grupos bien capacitados y comprometidos.

2.3 Atributos de la filosofía SMED

Lo que es SMED tiene dos atributos que son muy importantes y cada uno es esencial para lograr una implementación de esta herramienta, La metodología, sigue el principio de la mejora continua. Cuando se realiza una implementación por primera vez y este resultado se puede volver a mejorar implementando todo desde un principio, Trabajo en equipo:

Debe tener un equipo interdisciplinario entre los departamentos que influyen en el proceso, este equipo debe estar totalmente comprometido para poder aplicar la metodología, donde cada uno de los integrantes debe aportar de su conocimiento. El aporte que se tiene de cada uno de los miembros y trabajando como equipo es donde se puede alcanzar la meta de un cambio rápido con un mínimo esfuerzo, pérdida de tiempo y calidad pobre.

2.4 Importancia de reducir el tiempo de inactividad

- 1) Se podrán reducir los desperdicios, como tiempos de espera, movimientos innecesarios, materia prima, entre otros.
- 2) Se podrá tener niveles de inventario mucho más bajos.
- 3) El operador realizara menos operaciones sin valor agregado, por lo cual se le facilita más el trabajo.
- 4) Se logrará un impacto en mejores entregas y calidad en el producto.
- 5) Se obtendrá un incremento en la disponibilidad de la máquina, para actividades de producción y disponibilidad de esta.
- 6) Evitará la compra de bienes de capital.
- 7) Permitirá reducir los lotes de fabricación.

2.5 Antecedentes del SMED

(Shigeo Shingo, 1983), *a revolution in manufacturing the SMED System* cuenta el nacimiento de la metodología SMED, se remota a un estudio de eficiencia que realizó en planta "Toyo Kogyos", Mazda de Hiroshima en la primavera de 1950. Esta Planta fabricaba vehículos de tres ruedas y el proceso de manufactura contaba con prensas de 350, 750 y 800 toneladas, todas trabajando por debajo de su capacidad, es por eso por lo que contacta a Shigeo Shingo.

El Dueño de la fábrica quería eliminar los cuellos de botella que existían en la fábrica causados por las prensas. Shigeo Shingo estudio la fábrica por una semana, al tercer día de su visita pudo observar que uno de los cambios de herramientas de las prensas de 800 toneladas. Una vez que los operadores sacaron de la prensa el primer molde, a Shingo le llamo la atención la demora de montar el siguiente molde, luego de consultar a uno de los operadores porque no montaban el siguiente molde este le contesto que no encontraban un tornillo para montar el siguiente molde. Es ahí cuando Shigeo Shingo, en cuenta de las actividades durante el cambio pueden dividirse en dos grupos, cuáles son las siguientes:

- Actividades de preparación internas: Estas actividades pueden hacerse solo cuando la maquina esta parada.
- Actividades de preparación externas: Estas actividades pueden realizarse cuando la maquina esta puesta en marcha.

2.6 Las cuatro fases del SMED según Shigeo Shingo

- **Fase 0:** No existe distinción entre las actividades internas y externas: En esta etapa preliminar, no hay una distinción entre actividades internas y externas, muchas acciones que podrían ser desarrolladas como actividades externas, como la búsqueda de herramientas o reparaciones de un herramienta, se realiza cuando la maquina esta parada.
- **Fase 1:** Separación entre actividades internas y externas. Esta etapa es la principal para la implementación del SMED para Shigeo Shingo, corresponde a la separación de las operaciones externas, Shigeo sugiere hacer una lista de chequeo que incluya todas las partes, condiciones de operación y los pasos que deben realizarse mientras las maquinas aún están en funcionamiento. Luego se debe verificar el funcionamiento de todas las partes para evitar demoras durante el set up. Finalmente se debe implementar el método más eficiente para transportar los herramientas, así como las otras partes mientras la maquina está en funcionamiento.
- **Fase 2:** conversión de operaciones internas en externas: Se debe de analizar la operación de cambio de serie actual para determinar si una de las actividades realizadas como internas, pueden ser realizadas como actividades externas.
- **Fase 3:** Mejora de todas las operaciones de cambio de serie, tanto internas como externas. Se debe examinar las operaciones internas, de cambio de serie como las externas para oportunidades adicionales de mejora. Se debe considerar en eliminar el ajuste y racionalizar los métodos de ajuste. Según Shigeo Shingo, todas las mejoras que se obtienen con SMED, las acciones que fueron más efectivas son:

- Una separación clara de las actividades internas y externas.
- Convertir todas las actividades internas posibles en externas.
- Eliminar los ajustes.

2.7 Condiciones para la aplicación exitosa de esta metodología

De acuerdo con (Singh, 2018), se presenta:

- a) Cada uno de los departamentos deben tomar conciencia de la importancia que su participación para la implementación de este proyecto.
- b) Hacer ver la problemática que existe a los empleados y capacitarlos, para aumentar la productividad, y reducir costos mediante la reducción de tiempos.
- c) Romper con los paradigmas.
- d) Cambiar de forma de pensar hacia los directivos, sobre las nuevas técnicas que se pueden implementar.
- e) Se debe dar la importancia a la reducción de tiempos, tanto de preparación como de proceso, de acuerdo con los efectos que puede tener en cuanto productividad, cumplimiento de plazos y satisfacción.

2.8 Los 7 desperdicios

(Luis socconini, 2019), menciona que la clasificación de estos desperdicios son los siguientes:

2.8.1 Sobre producción

- Producir más de lo necesario.
- Reproducir más rápido de lo requerido
- Manufacturar productos antes de que los necesiten

2.8.2 Sobre inventario

El sobre inventario es cualquier comentario, producto en proceso o productos terminados que exceden a lo que se necesita para satisfacer la demanda del cliente. En general los inventarios se generan para evitar las siguientes ineficiencias:

- Pronostico erróneos sobre la demanda esperada.
- Desequilibrio de la producción.
- Desconocimiento de la capacidad real de la producción.
- Distribución inadecuada de la planta.

2.8.3 Productos Defectuosos

Se refiere a la perdida de recursos empleados, para producir un artículo defectuoso, ya que se invirtieron materiales, tiempos de la maquina y lo más importante el tiempo que se tarda la persona en realizar el trabajo.

Aquí también entran la repetición de tareas, ya que si bien el defecto puede ser corregido la repetición implica dos o más veces, incurriendo así en más gastos y la perdida de disponibilidad de recursos.

2.8.4 Transporte de materiales

Consiste en todos aquellos traslados de materiales que no apoyan directamente al sistema de producción. Mover los productos de un lado a otro de la planta no se traduce en un cambio significativo para el cliente, pero si implica un costo e incluso pone en riesgo la calidad del producto.

2.8.5 Procesos innecesarios

Si bien dentro de la empresa se pueden encontrar procesos bien estandarizados, estos no exactamente están agregando valor al producto y al cliente. Muchos de los trabajos son consecuencias de las necesidades del taller, de la calidad de la manufactura o de la mala planificación de las entregas.

2.8.6 Espera

Es el tiempo que se pierde cuando un operador espera que la maquina termine el trabajo, cuando las maquinas se detienen para hacer un ajuste o tanto como la maquina y el operador están a la espera de materiales, herramientas o instrucciones.

2.8.7 Movimientos Innecesarios de las personas

Se refiere al traslado de las personas de un lado a otro en su lugar de trabajo o en toda la empresa, sin que aquello se indispensable para aportar valor al producto, y sin que contribuya a la transformación o beneficio del cliente, si observamos con cuidado cada ciclo de un trabajador, se encontrara fácilmente con este tipo de desperdicios, se descubre que la persona camina más de lo necesario, algunos ejemplos son:

- Se emplea mucho tiempo en localizar materiales.
- Se emplea mucho tiempo en localizar herramientas.

2.9 Maquinas cortadoras de cable Komax

La confección moderna de cables es caracterizada por pedidos de pequeño volumen y una producción justo a tiempo. Por ello el equipamiento sencillo y rápido de las crimpadoras es de una gran importancia. Las maquinas deben tener las siguientes exigencias. Las maquinas sirven para el procesamiento de conductores individuales y uniones de desgaste doble, la estructura modular y las vigilancias integradas de calidad con tratamiento bien o mal, garantizan una flexibilidad máxima y el proceso de gran seguridad.

Desde las compactas crimpadoras con tres tipos de procesamientos, a través de prensas automáticas flexibles, con seis estaciones y unidades de pinza doble hasta los sistemas de transferencia lineal ampliables. Trátese de crimpado, fluxado, estañado, colocación de casquillos y manguitos o del retorcido: las máquinas de procesamiento de cables de Komax ofrece un sin número de proceso de transformación.

2.9.1 Komax Gamma 333 PC

Máquina automática de procesamiento de cables de secciones comprendidas entre 0,13 y 5,0 mm². La Gamma 333PC realiza el corte, desforrado, engaste de terminales en los dos extremos del cable.

2.9.1.1 Características

- Microsoft multitarea con compensación automática de cables defectuosos.
- Arrastre por rodillos por medio de servomotor AC con control anti-patinaje ACS.
- Unidad pivotante programable y memorizada en lado 1 y 2 para un posicionado exacto del cable.
- Cabezal de corte y desforre programable.
- Dos sistemas de enderezado del cable (horizontal/vertical).
- Juego de piezas de guiado del cable de cambio rápido.
- Cinta de recogida con separación de lotes. Posibilidades de conexión en red con opción WPCS.



Figura 1: Máquina cortadora Komax Gamma 333

Fuente: <https://www.celsur.eu/>

2.9.2 Komax Alpha 355

Máquina automática de procesamiento de cables de secciones comprendidas entre 0,13 y 6,0 mm². La Alpha 355 realiza el corte, desforrado, engaste de terminales e inserción de

gomas en los dos extremos del cable. Máquina preparada para incorporar cuatro estaciones, dos prensas y dos unidades de gomas.

2.9.2.1 Características

- Sistema multitarea en tiempo real para control de todas las opciones máquina, con posibilidad de continuar la producción después de un error y reproducción automática de cables malos.
- Unidades programables de giro y posicionado del cable al terminal en lado 1 y 2 accionadas con servocontrol AC.
- Unidad de corte programable con servocontrol AC de alta resolución. Sistema de arrastre con servocontrol AC y sistema de control anti-patinaje ACS.
- Opción cambio automático de guías de cable.
- Opción cambio rápido de aplicadores.
- Opción cambio rápido de cable.
- Posibilidades de conexión en red con opción WPCS.



Figura 2: Máquina cortadora komax alpha 355

Fuente: <https://dokumen.tips/>

2.9.3 Komax Alpha 433

Máquina automática para corte, desforrado y engaste de cables unifilares de secciones hasta 16mm². Máquina preparada para incorporar cuatro estaciones, dos prensas, dos unidades de gomas y doubling.

2.9.3.1 Características

- Sistema multitarea en tiempo real para control de todas las opciones máquina, con posibilidad de continuar la producción después de un error y reproducción automática de cables malos.
- Unidades de giro y posicionado lado 1 y 2 con dos servocontroles AC para efectuar el giro, pelado y ajuste de la posición del cable al terminal.
- Unidad de corte y desforrado programable con servocontroles AC de alta resolución.
- Sistema de arrastre con servocontroles AC y sistema de control anti-patinaje ACS.
- Dos unidades de enderezado (horizontal y vertical).
- Módulo integrado de recogida K417 de dos metros.
- Sistema de recogida con separación de lotes.
- Posibilidades de conexión en red con opción WPCS.



Figura 3: Máquina cortadora komax alpha 433

Fuente: www.directindustry.es

2.9.4 Komax Alpha 530

Las soluciones con una tecnología fiable hacen de la Alpha 530 una máquina para el procesado de cable, corte y engastado de uno los dos lados de forma automática con una mejora a nivel de la productividad, con opciones de controles de calidad, tales como ACD y SQC.

2.9.4.1 Características

- Sección de cable: 0.13 – 4 mm² (AWG 26 – 12) depende del material
Opcional 0.13 – 5 mm²
- Diámetro máx. del cable: 3,3 mm
- Velocidad entrada cable: hasta 9 m/s (con correa)
- Longitud de cable: de 60 a 65.000 mm
- Desforrado completo: 0,1-15 mm
- Desforrado parcial: 15,5 mm
- Fuerza de engaste: 1-22kN
- La siguiente figura muestra muestra el modelo de la maquina Komax Alpha 530.



Figura 4: Maquina cortadora komax alpha 530.

Fuente: <https://www.komaxgroup.com/es-MX/>

CAPITULO III: METODOLOGIA

Para este proyecto se inicializo en acuerdo con el director de operaciones y los ingenieros del departamento, para bajar el tiempo del cambio de herramientas por modelo, ya que se están presentando elevados tiempos de cambio, un cambio completo de herramientas aproximadamente se tarda 22 minutos en realizarlo, este tiempo se va a mejorar al reducirlo a 9 minutos promedio, aunque se va tratara de reducirlo lo más posible.

Para esto se debe conocer las partes que componen el cambio de modelo con sus especificaciones, ya conociéndose este proceso se podrá proceder a una lluvia de ideas sobre las actividades que están resultando ser las más elevadas en tiempo.

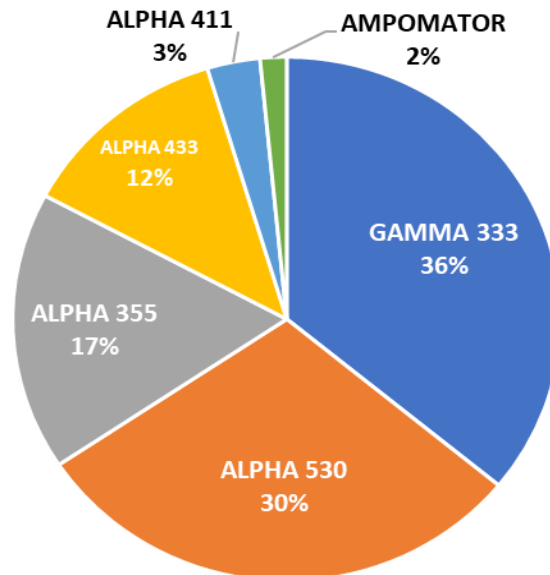
3.1 Inventario de cortadoras planta J3, J6 Y J7

Tabla 1: Inventario de cortadoras en la planta

Gamma 333	Alpha 530	Alpha 355	Alpha 433	Alpha 411	Ampomator (433)
23	19	11	8	2	1

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

La cantidad de máquinas que existen actualmente en la planta y para hacer un diagrama de Gantt sobre las actividades futuras a implementar, y poder llevar un control de estas acciones a llevar. En la tabla 1 se muestra el inventario de cortadoras en la planta.



Gráfica 1: Porcentaje de cortadoras Alpha en planta J7

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.2 Clasificación de los diferentes tipos de cambios

Como primera actividad tenemos que reconocer que tipos de cambio se están haciendo en la planta, para estos vamos a clasificar los cambios, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2: Clasificación de los cambios

	Cambio sencillo	Cambio mediano	Cambio completo
Cable	x	x	x
Impresión	x	x	x
Longitud	x	x	x
1 aplicador y terminal		x	
2 aplicadores y terminales			x
1 sello		x	x
2 sellos			x

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Ya una vez identificados procederemos a la toma de videos de cada uno de los cambios de modelo, con esto podremos identificar las actividades que se realizan de una forma más detallada, haciendo un estricto análisis del desglose de actividades, desde que se levanta la guarda de la máquina para hacer el cambio hasta que se libera la primera pieza del cambio que se realizó.

3.3 Descripción de actividades

A continuación, se muestra el desglose de las actividades basándonos en 13 videos que se tomaron, con esto tuvimos una idea mucho más completa de lo que está pasando realmente en el proceso.

Cabe resaltar que en primera instancia nos percatamos que la actividad más crítica es el ajuste de aplicador al momento de liberar la primera pieza, se realizan varias muestras para poder llegar a los parámetros establecidos de alturas, si esto lo aunamos a que ambos aplicadores tengan falla durante el cambio el tiempo es de muy prolongado.

Cuando en un ajuste fino solo es necesario sacar tres muestras de liberación para sacar alturas y pruebas de tensión, a continuación, en la siguiente tabla se muestran los tiempos recabados del proceso.

Tabla 3: Tiempos recabados del proceso

	Cambio completo
	Cambio mediano
	Cambio corto

		SMED														
	Actividad	Descripción	TIEMPOS													Promedio por actividad
			Video 1	Video 2	Video 3	Video 4	Video 5	Video 6	Video 7	Video 8	Video 9	Video 10	Video 11	Video 12	Video 13	
General (Inicio)	1	Cambios en la computadora	NA	210	60	128	50	62	34	48	35	21	74	53	27	66.83333333
	2	Retira circuito anterior de la maquinaria	NA	32	10	NA	20	NA	11	5	12	14	NA	NA	NA	14.85714286
	3	Inserta circuito nuevo en la máquina	90	30	33	42	59	30	22	54	65	25	42	6	55	42.53846154
	4	Ajusta rodillos y tensa el circuito	NA	NA	27	NA	11	25	23	17	33	22	33	22	31	24.4
	5	Ingresa el código del circuito	NA	10	NA	12	NA	NA	7	6	7	7	15	10	4	8.666666667
	6	Cambia boquilla	NA	NA	NA	NA	41	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	41
Aplicador A	7	Retira terminales anteriores del aplicador A	65	26	NA	NA	11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	34
	8	Retira carrete de terminales	NA	60	NA	NA	34	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	47
	9	Pone carrete nuevo	NA	44	NA	NA	26	34	NA	35	NA	7	NA	NA	NA	29.2
	10	Retira aplicador A	6	11	NA	NA	23	NA	NA	NA	NA	10	NA	NA	NA	12.5
	11	Pone aplicador A siguiente en la máquina	9	9	NA	NA	30	NA	NA	33	NA	14	NA	NA	NA	19
	12	Pone terminales del carrete en el aplicador A	60	61	NA	NA	29	12	NA	70	NA	13	NA	NA	NA	40.83333333
	13	Ingresa el código del aplicador	16	6	8	NA	NA	NA	NA	7	NA	7	NA	NA	NA	8.8
	14	Ingresa el código de la terminal	8	8	NA	NA	NA	NA	NA	2	NA	3	NA	NA	6	5.4
	15	Ajusta manualmente el aplicador A	122	150	NA	115	NA	108	NA	114	NA	270	NA	NA	NA	148.6666667
Aplicador B	18	Retira terminales anteriores del aplicador B	NA	55	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	54	54.5
	19	Retira carrete de terminales	NA	25	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25
	20	Pone carrete nuevo	NA	49	NA	NA	NA	NA	14	NA	14	NA	NA	40	NA	29.25
	21	Retira aplicador B	NA	25	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25
	22	Pone aplicador B siguiente en la máquina	9	17	NA	NA	NA	NA	40	NA	14	NA	NA	NA	NA	20
	23	Pone terminales del carrete en el aplicador B	72	68	NA	NA	NA	NA	18	NA	38	NA	NA	34	26	42.66666667
	24	Ingresa el código del aplicador	6	9	NA	NA	NA	NA	9	NA	6	NA	NA	NA	NA	7.5
	25	Ingresa el código de la terminal	6	8	NA	NA	NA	NA	12	NA	3	NA	NA	NA	NA	7.25
	26	Ajusta manualmente el aplicador B	111	74	NA	NA	NA	NA	NA	NA	394	NA	NA	NA	NA	193
	27	Realiza pieza muestra	113	39	NA	24	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20	NA	49
28	Realiza inspección	NA	8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8	
Sello	29	Retira sello A	14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14
	30	Retira guía de sello A	40	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	40
	31	Coloca nueva guía de sello A	40	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	40
	32	Pone nuevo sello A	98	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	98
	33	Retira sello B	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14
	34	Retira guía de sello B	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	40
	35	Coloca nueva guía de sello B	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	40
	36	Pone nuevo sello B	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	98

Impresión	37	Intercambia impresora	NA	NA	NA	NA	6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6
	38	Limpia impresora	NA	NA	NA	NA	23	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	23
	39	Sustituye manguera	NA	NA	NA	NA	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15
	40	Ingresa código de impresión	NA	NA	NA	NA	15	NA	NA	28	NA	NA	NA	NA	NA	21.5
	41	Realiza inspección visual	NA	NA	NA	NA	21	110	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	65.5
General (final)	42	Baja la guarda de la máquina	NA	NA	13	7	20	5	5	10	15	10	15	NA	NA	11.11111111
	43	Levanta la guarda de la máquina	NA	NA	5	NA	15	NA	10	15	15	12	5	NA	NA	11
	44	Ajusta brazo giratorio A	NA	NA	12	NA	93	NA	NA	260	NA	NA	NA	NA	NA	121.6666667
	45	Ajusta brazo giratorio B	26	21	7	NA	NA	NA	119	NA	NA	NA	NA	NA	NA	43.25
	46	Realiza pieza muestra	58	40	8	24	31	NA	65	40	88	66	6	123	140	57.41666667
	47	Realiza inspección visual	NA	NA	8	NA	10	NA	25	67	64	20	NA	18	2	26.75
	48	Hace medición de dimensiones	33	22	5	45	14	NA	70	93	113	53	17	31	19	42.91666667
	49	Realiza ajustes	89	60	NA	43	26	54	101	297	140	49	NA	256	61	106.9090909
	50	Se captura el valor	46	28	NA	39	NA	NA	23	42	50	17	7	15	NA	29.66666667
	51	Hace prueba de tensión	NA	NA	NA	NA	23	NA	30	35	48	37	6	32	NA	30.14285714
	52	Se captura el valor	NA	16	NA	NA	NA	NA	4	3	5	7	4	7	46	11.5
	53	Sale etiqueta de liberación	NA	26	NA	34	7	NA	8	21	9	14	3	12	4	13.8
	54	Se hace cambios en la computadora	107	NA	NA	95	9	NA	NA	11	NA	19	NA	176	70	69.57142857
55	Primera pieza buena	20	16	NA	24	8	NA	NA	NA	NA	13	6	27	26	17.5	
56	Inactividad	NA	NA	9	NA	30	102	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	47	
	TOTAL SEGUNDOS	1396	1322	205	644	700	607	650	1313	1168	744	233	882	571	2218.213425	
	TOTAL MINUTOS	23.26667	22.03333	3.416667	10.73333	11.66667	10.11667	10.83333	21.88333	19.46667	12.4	3.883333	14.7	9.516667	36.97022376	

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.3.1 Diagrama de recorrido

Al momento de realizar el diagrama de recorrido como nos podemos percatar se realizan varios caminares innecesarios, repitiendo movimientos tanto como a la prensa A y B, esto es debido a lo que se mencionó anteriormente, son varios los ajustes que se realizan que repiten los mismos movimientos en más de dos ocasiones, también influye en las veces que toma los parámetros de las piezas, yendo a sacar tensiones en distintas ocasiones, hasta que libera su primer pieza pasando los criterios de calidad. En la siguiente ilustración se muestra el recorrido de la persona:

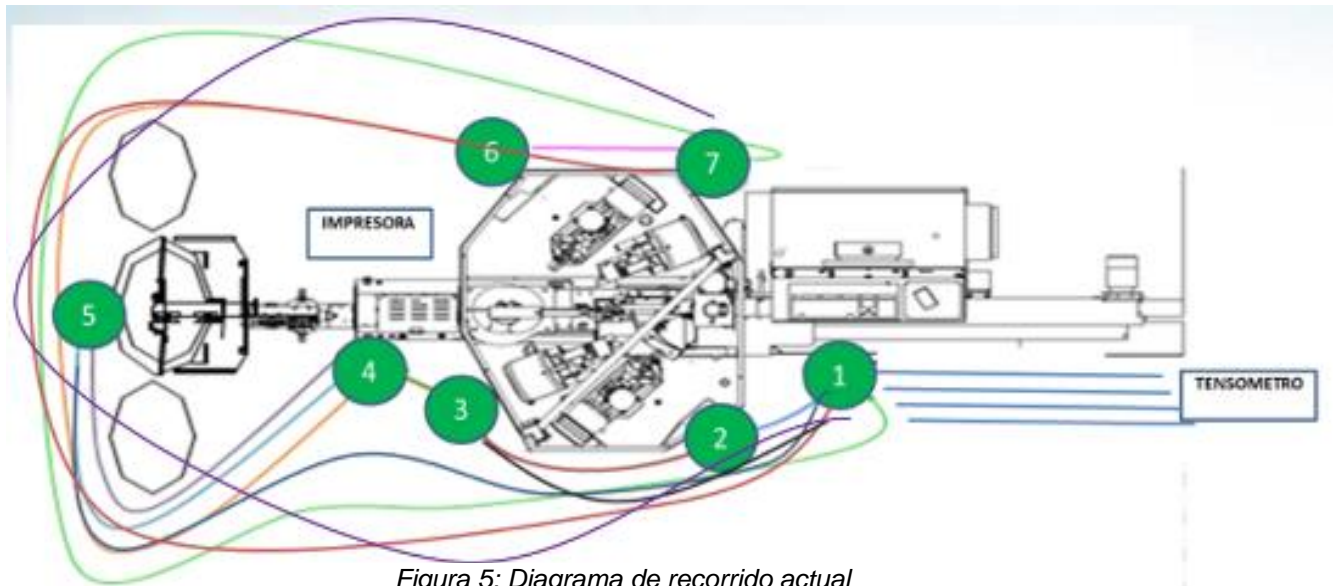


Figura 5: Diagrama de recorrido actual

Fuente: Elaborada por el autor con fotos de la empresa/

Acciones:

Tabla 4: Descripción de las actividades

	Camina a estacion de Prensa A
	Camina a estacion de Sellos A
	Camina a base de Tambo
	Camina a Rodillos e impresora
	Camina a estacion de computo
	Camina a estacion de Prensa A
	Camina a Estacion de computo
	Camina a tensometro
	Camina a estacion de computo
	Camina a prensa B
	Camina a estacion de sellos B
	Camina a estacion de computo
	Camina a prensa B
	Camina a estacion de sellos B
	Camina a estacion de computo
	Camina a tensometro
	Camina a estacion de computo

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.3.2 Descripción de los tiempos

En la siguiente tabla se muestra, los tiempos actuales de cada uno de los cambios de modelo, cabe mencionar que el factor de incidencia es el porcentaje de cambios que existen en la planta, para esto se tomaron en cuenta durante 3 semanas los registros de cambios que se realizaron, como se puede interpretar, al bajar el tiempo de un cambio completo podría incidir en reducir el tiempo de un cambio mediano, pero en realidad nos debemos enfocar en reducir ambas partes no solo una, como se puede ver un cambio completo es muy complicado no solo en su realización si no también en que suceda y es por eso que se buscan ajustes a principios de turno, los cambios medianos son de mayor incidencia y podremos ver con mayor facilidad las oportunidades de mejora.

Tabla 5: Tiempos actuales del proceso

	SetUp Sencillo	SetUp Mediano	SetUp Completo	
Cable	X	X	X	
Impresion	X	X	X	
Longitud	X	X	X	
1 Aplicador y Terminal		X		
2 Aplicadores y Terminales			X	
1 Sello		X	X	
2 Sellos			X	
	5.05	23.96	36.97	Tiempo en minutos videos Dic 2018
	54%	45%	1%	Factor de incidencia
			13.88	Tiempo Promedio de SetUp Ponderado

Promedio ponderado: $(5.05)(54) + (23.96)(45) + (36.97)(1) = 13.88$

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.4 Calibración de prensas a una sola altura

Partiremos de esta actividad, ya que como se presentaron los hechos de acuerdo con los videos, una de las principales problemáticas en el proceso son los ajustes de aplicadores.

Una de las propuestas que se manejaron y son de mayor credibilidad, es el ajustar las prensas de cada una de las maquinas a una sola altura, con esto ganamos menos ajustes durante el cambio y la liberación de la primera pieza es más rápido, concordando que esta acción pasaría de ser una actividad interna a externa y seria la acción más importante a realizar para tomar como referencia a bajar los tiempos.

3.4.1 Adecuación del cuarto de aplicadores

Para esta acción se adecuara el cuarto de aplicadores (Dados) los requerimientos que se necesitan son básicos, se implementara la calibración de la prensa del cuarto de aplicadores para que los dados ya salgan preajustados. La prensa calibrada se muestra de la siguiente manera, esta se utiliza para ajustar aplicadores y hacer reparaciones de dados y preventivos.



*Figura 6: Prensa calibrada en el centro de aplicadores
Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.*

3.4.2 Mesa adecuada para ajustes

Se instaló una mesa con especificaciones, para que el técnico de aplicadores pueda tener a la mano lo necesario, para hacer ajustes rápidos. Esta mesa se adecuo para que contenga los calibres que se utilizan en la zona, y poder estar tomando pequeñas muestras de cable para ajustar la altura de los aplicadores.

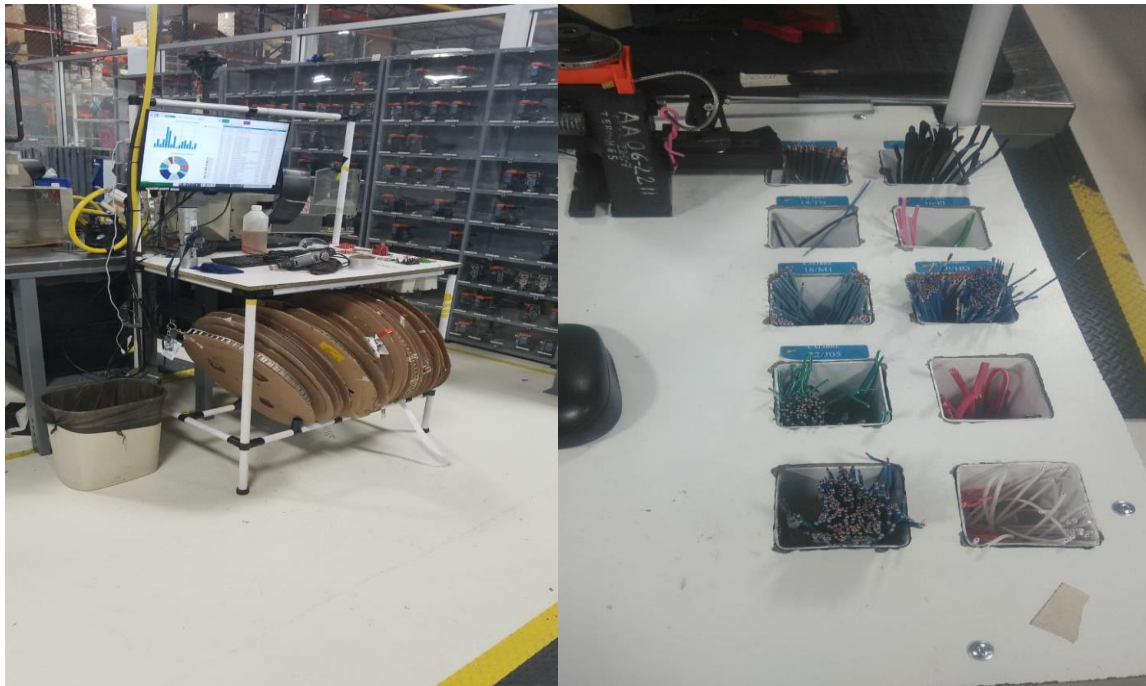


Figura 7: Mesa adecuada para ajustes

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Esta misma mesa contiene una computadora, donde checaran los ajustes próximos en cada una de las maquinas con sus especificaciones, por ejemplo, podrán ver que calibre de cable se va a utilizar, sello, y las alturas que están establecidas por calidad, con esto el técnico dedicado a ser los ajustes podrá adelantarse a aplicadores futuros a realizar un cambio.

3.4.2.1 Funcionamiento de la computadora para ajustes

A continuación, se explica cómo es que se puede visualizar los ajustes que se van a realizar en las cortadoras desde el cuarto de aplicadores/dados. En la imagen principal se debe mostrar la siguiente imagen y se procede a dar clic en plan de corte.



Figura 8: Ventana principal del sistema

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Una vez dada la opción, se mostrará la siguiente ventana, y se seleccionará el APU y cortadora a querer monitorear y dar en plan de corte.

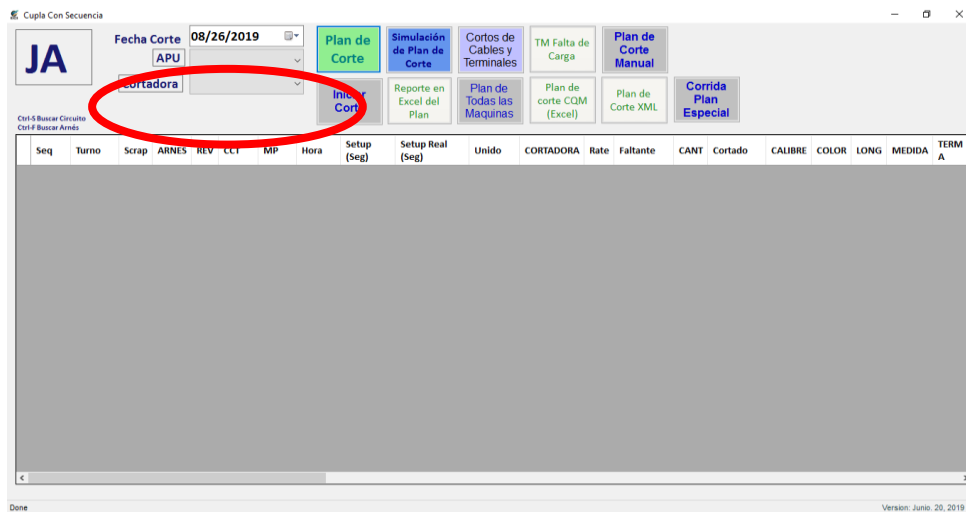


Figura 9: Asignación de cargas

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Una vez dentro, se mostrará la hoja de corte como la siguiente manera:

Cortado	CALIBRE	COLOR	LONG	MEDIDA	TERM A	Altura_A	STRIP_A	SEAL_A	Aplic A	Alt Ins A	MRK_A	TERM B	Altura_B	STRIP B	SEAL B
170 OE	WX	1118	Mm	43K	0.051	5.5		23347	0.103	P11		LO	0.056	4.5	
200 OE	WX	105	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	4-96 CAN2 TERM		43K	0.051	5.5	
200 OE	WX	102	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	4-133 CAN1 TERM		43K	0.051	5.5	
160 OE	OX	400	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	55-52		43K	0.051	5.5	
160 OE	OR	1145	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	49-42		9E	0.053	4.5	
160 OE	YX	1080	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	55-17		E80	0.052	5.5	
160 OE	YX	1080	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	55-16		E80	0.052	5.5	
160 OE	WY	1086	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	48-5		E80	0.052	5.5	
160 OE	WY	1492	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	48-1		E80	0.052	5.5	
160 OE	TX	1200	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	6-1		E80	0.052	5.5	
160 OE	TX	1200	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	5-1		E80	0.052	5.5	
160 OE	SX	1137	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	24-1		E80	0.052	5.5	
160 OE	SX	1137	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	23-1		E80	0.052	5.5	
160 OE	PX	1035	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	26-1		E80	0.052	5.5	
160 OE	PX	1035	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	25-1		E80	0.052	5.5	
160 OE	OX	1086	Mm	43K	0.051	5.5		21301	0.103	55-46		E80	0.052	5.5	

Figura 10: Hoja de corte

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

En esta ventana aparece el calibre del cable, terminal a utilizar con sus alturas del lado A y lado B, en caso de que lleve sello de ambos lados se especifica.

3.4.3 Definición de modelo de gente por planta

A continuación, se desglosa por tabla el modelo de gente por planta.

- Modelo Planta 3.

Tabla 6: Modelo de gente J3

J3 (32 Cortadoras)	
Elementos	
Cantidad de Aplicadores por turno	704
Cantidad de sellos por turno	70
Cantidad de mantenimientos preventivos de aplicadores por turno	9
Cantidad de mantenimientos preventivos de sellos por turno	4
Tiempo para ajuste y entrega de aplicadores (Seg)	300
Tiempo para entrega de sellos (Seg)	126
Tiempo para mantenimiento preventivo de aplicadores (Seg)	900
Tiempo para mantenimiento preventivo de sellos (Seg)	900
Tiempo del Turno (Hr)	8.8

Número de operadores del cuarto de aplicadores 7.67197
6
8

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

- Modelo Planta 6

Tabla 7: Modelo de gente J6

J6 (25 Cortadoras)	
Elementos	
Cantidad de Aplicadores por turno	550
Cantidad de sellos por turno	55
Cantidad de mantenimientos preventivos de aplicadores por turno	9
Cantidad de mantenimientos preventivos de sellos por turno	4
Tiempo para ajuste y entrega de aplicadores (Seg)	300
Tiempo para entrega de sellos (Seg)	126
Tiempo para mantenimiento preventivo de aplicadores (Seg)	900
Tiempo para mantenimiento preventivo de sellos (Seg)	900
Tiempo del Turno (Hr)	8.8

Número de operadores del cuarto de aplicadores 6.078451
7

Cantidad Actual de operadores en cuarto de aplicadore
Delta 7

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

- Modelo Planta 7

Tabla 8: Modelo de gente J7

J7 (18 Cortadoras)

Elementos	
Cantidad de Aplicadores por turno	396
Cantidad de sellos por turno	40
Cantidad de mantenimientos preventivos de aplicadores por turno	8
Cantidad de mantenimientos preventivos de sellos por turno	4
Tiempo para ajuste y entrega de aplicadores (Seg)	300
Tiempo para entrega de sellos (Seg)	126
Tiempo para mantenimiento preventivo de aplicadores (Seg)	900
Tiempo para mantenimiento preventivo de sellos (Seg)	900
Tiempo del Turno (Hr)	8.8

Número de operadores del cuarto de aplicadores 4.455134
5

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.4.4 Ruta de entrega para ajuste de dados

El flujo se muestra en la siguiente ilustración.

- 1° Recoger terminal a usar para el cambio, en la puerta de almacén.
- 2° En la misma puerta de almacén se recoge el sello en caso de que se especifique en la hoja de corte.
- 3° Llevar la materia prima al cuarto de aplicadores, solicitando que el aplicador sea preajustado.
- 4° Una vez que sale el aplicador preajustado llevar a la máquina de corte que es requerido.

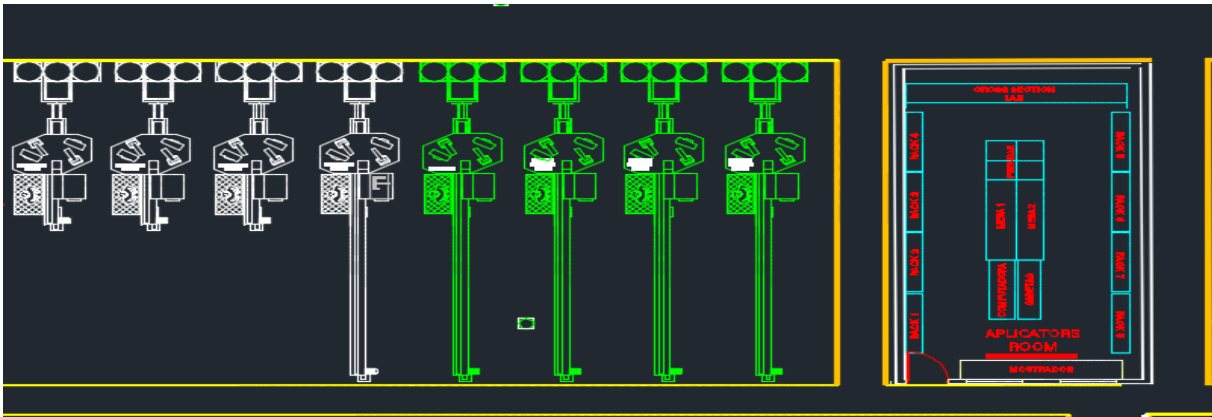


Figura 11: Flujo de materia prima (Layout de la planta)

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.4.5 Plan de entrega de prensas calibradas

Se sigue el plan como se muestra en la siguiente tabla, conjunto con el departamento de metrología para entregar las prensas calibradas, se dio como prioridad JZ7, ya que es la planta modelo de la compañía, ya que Harley Davison es uno de los clientes importantes.

Tabla 9: Plan de entrega para prensas calibradas

Zona	# Maquina	PROGRAMADO:					REALIZADO:					PROBLEMAS MANTTO:							
		SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18	SEM 19	SEM 20	SEM 21	SEM 22	SEM 23
Zona 17	CK-03-065 Side A													Pendiente					
	CK-03-065 Side B													Pendiente					
	CK-03-066 Side A														Pendiente				
	CK-03-066 Side B														Pendiente				
	CK-03-067 Side A														Pendiente				
	CK-03-067 Side B														Pendiente				
	CK-03-073 Side A														Pendiente				
	CK-03-073 Side B														Pendiente				
	CK-03-074 Side A														Pendiente				
	CK-03-074 Side B														Pendiente				
	CK-03-075 Side A															Pendiente			
	CK-03-075 Side B															Pendiente			
	CK-03-076 Side A															Pendiente			
	CK-03-076 Side B															Pendiente			
Zona 20	CK-03-078 Side A															Pendiente			
	CK-03-078 Side B															Pendiente			
	CK-03-082 Side A															OK			
	CK-03-082 Side B															OK			
	CK-03-083 Side A															OK			
	CK-03-083 Side B															OK			
	CK-03-084 Side A															OK			
	CK-03-084 Side B															OK			
CK-03-085 Side A															OK				
CK-03-085 Side B															OK				

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.5 Aplicación de proceso (Prensa calibrada)

Esta acción de mejora se implementa primero en lo que es electro componentes de México planta 7, ya que es una planta modelo para los altos directivos, asumiendo que en esta se encuentra Harley Davison uno de los clientes importantes que se encuentra en la empresa.

Se tomaron una serie de videos para ver el funcionamiento de esta implementación de proyecto y tener en claro cuánto es el tiempo de mejora ya con un aplicador preajustado. Para esto debe haber una participación muy entrelazada entre el departamento de producción de corte y también así mismo del departamento aplicadores, para que el flujo del sistema se establezca, se notificó con los jefes de grupo, supervisores de cada departamento para hacer las corridas piloto con esta mejora.

3.5.1 Análisis de videos con la mejora implementada

En la siguiente tabla se muestra la descripción de las actividades y el tiempo que se tarda para elaborar cada una de ellas, lo que podemos ver en esta acción es la reducción de tiempo al momento de ajustar un aplicador.

Tabla 10: Tabla de actividades con prensa calibrada

SMED									
Activid	Descripción	TIEMPOS							
		Video 1	Video 2	Video 3	Video 4	Video 5	Video 6	Promedio	Promedio
1	Cambios en la computadora	26	47	6	11	36	25	26,333	25,2
2	Camina y retirar circuito anterior de la maquinaria	40	46	20	45	23	9	35,333	34,8
3	Toma de tambo circuito nuevo y rutea en la máquina	15	18	46	17	19	12	26,333	23
4	Ajusta rodillos y tensa el circuito	13	14	53	25	34	12	26,667	27,8
5	Ingresa el código del circuito	17	13	8	13	11	13	12,667	12,4
6	Cambia boquilla	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	21	N/A	N/A
7	Camina a aplicador A y retira terminales anteriores	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	12	N/A	N/A
8	Retira carrete de terminales, enrolla y sujeta	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	34	N/A	N/A
9	Toma carrete nuevo, lo pone en la guía y lo sujeta	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15	N/A	N/A
10	Retira aplicador A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15	N/A	N/A
11	Pone aplicador A siguiente en la máquina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	7	N/A	N/A
12	Rutea terminales del carrete en el aplicador A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A
13	Ingresa el código del aplicador	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	7	N/A	N/A
14	Ingresa el código de la terminal	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A
15	Retira sello A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	13	N/A	N/A
16	Retira guía de sello A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10	N/A	N/A
17	Coloca nueva guía de sello A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A	N/A
18	Pone nuevo sello A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	55	N/A	N/A

19	Camina a aplicador B y retira terminales anteriores	N/A	N/A	N/A	12	4	12	N/A	8
20	Retira carrete de terminales, enrolla y sujeta	N/A	N/A	N/A	34	5	34	N/A	19,5
21	Toma carrete nuevo, lo pone en la guía y lo sujeta	N/A	N/A	N/A	15	8	15	N/A	11,5
22	Retira aplicador B	N/A	N/A	N/A	15	13	15	N/A	14
23	Pone aplicador B siguiente en la máquina	N/A	N/A	N/A	7	5	7	N/A	6
24	Rutea terminales del carrete en el aplicador B	N/A	N/A	N/A	5	9	5	N/A	7
25	Ingresa el código del aplicador	N/A	N/A	N/A	5	10	15	N/A	7,5
26	Ingresa el código de la terminal	N/A	N/A	N/A	7	6	17	N/A	6,5
27	Retira sello B	N/A	N/A	N/A	13	12	13	N/A	12,5
28	Retira guía de sello B	N/A	N/A	N/A	10	10	10	N/A	10
29	Coloca nueva guía de sello B	N/A	N/A	N/A	18	6	18	N/A	12
30	Pone nuevo sello B	N/A	N/A	N/A	55	109	55	N/A	82
31	Intercambia impresora	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	N/A	N/A
32	Limpia impresora	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	23	N/A	N/A
33	Sustituye manguera	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15	N/A	N/A
34	Ingresa código de impresión	N/A	N/A	N/A	N/A	5	21	N/A	5
35	Realiza inspección visual	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	19	N/A	N/A
36	Ajusta brazo giratorio A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	42	N/A	N/A
37	Ajusta brazo giratorio B	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	45	N/A	N/A
38	Realiza pieza muestra	28	26	N/A	36	25	36	27	28,75
39	Realiza inspección visual	18	11	16	9	14	3	15	13,6
40	Hace medición de altura de núcleo	N/A	N/A	N/A	95	7	25	N/A	51
41	Realiza ajustes	N/A	N/A	N/A	26	23	25	N/A	24,5

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.5.2 Diagrama de recorrido con prensas calibradas

En la siguiente ilustración podemos visualizar de una manera clara la reducción de los tiempos en cuanto al caminar que tenía en exceso. Que se trata de decir con esto, la persona camina mucho menos al tener un ajuste fino del aplicador y el tiempo para liberar su primera pieza es mucho menor, el diagrama se expresa de la siguiente manera:

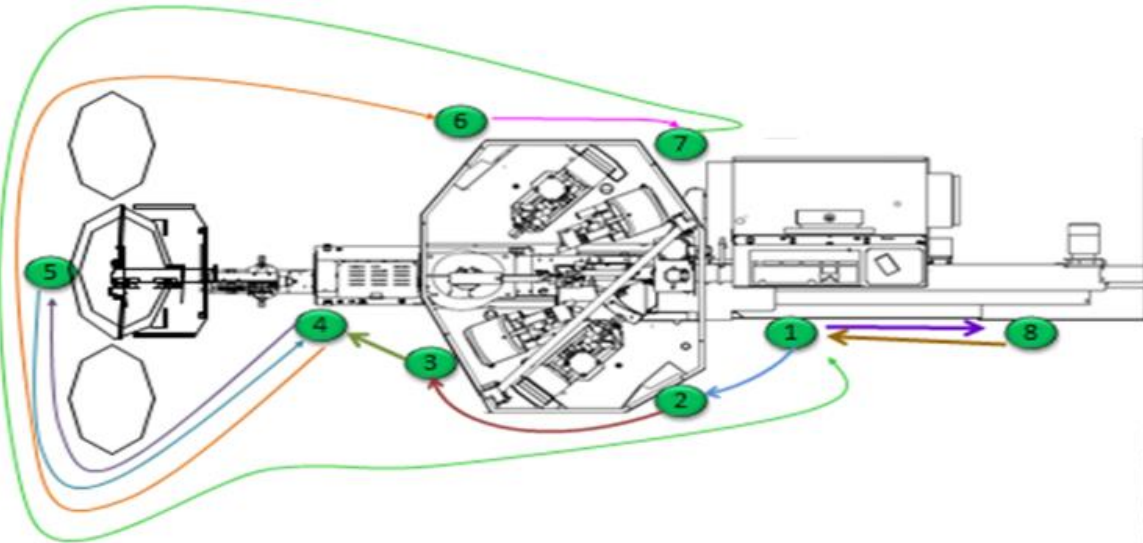


Figura 12: Diagrama de recorrido con mejora

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Tabla 12: Tabla de actividades

	Camina a estacion de Prensa A
	Camina a estacion de Sellos A
	Camina a base de Tambo
	Camina a Rodillos e impresora
	Camina a estacion de sellos B
	Camina a estacion de Prensa B
	Camina a estacion de computo
	Camina a tensometro
	Camina a estacion de computo
	Camina a estacion de Prensa B
	Camina a estacion de computo
	Camina a tensometro
	Camina a estacion de computo

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.5.3 Mejora representada en comparación con mejora

En la siguiente tabla se ve de una forma más clara la reducción de los tiempos de cambios de modelo para cada uno de los tipos de cambios.

Tabla 13: Comparación de tiempos

	SetUp Sencillo	SetUp Mediano	SetUp Completo	
Cable	X	X	X	
Impresion	X	X	X	
Longitud	X	X	X	
1 Aplicador y Terminal		X		
2 Aplicadores y Terminales			X	
1 Sello		X	X	
2 Sellos			X	
	5.05	23.96	36.97	Tiempo en minutos videos Dic 2018
	54%	45%	1%	Factor de incidencia
			13.88	Tiempo Promedio de SetUp Ponderado
	4.69	12.3	19.2	Tiempo con mejoramiento
	54%	45%	1%	Factor de incidencia
			8.2596	Tiempo Promedio de SetUp Ponderado

Tiempos Actuales sin mejoramientos

Tiempos con mejoramientos Aplicadores Preajustados

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Descripción de actividades

Cortador prensa A:

- Cambio de aplicador.
- Cambio de sello.
- Escaneo de materia prima
- Posicionamiento.

Cortador prensa B:

- Cambio de cable.
- Cambio de aplicador.
- Cambio de sello.
- Escaneo de materia prima.
- Posicionamiento.
- Medición de alturas.
- Medición de primera pieza

3.6.2 Análisis de actividades paralelas

Se analiza las actividades en conjunto de los dos operadores, para determinar la reducción de tiempo. Se tomaron en cuenta una serie de videos para poder asignar las actividades a realizar por cada uno, además de analizar la opción de mejora en cada una de estas.

3.6.2.1 Tiempos para un cambio mediano

En la siguiente tabla se muestra las actividades realizadas.

Tabla 14: Actividades paralelas de un cambio mediano

ACTIVIDADES PARALELAS			
Actividad	Descripción	Duración	Predecesores
A	Cambios en la computadora	10	L
B	Camina y retirar circuito anterior de la maquinaria	9	T
C	Toma de tambo circuito nuevo y rutea en la máquina	18	B
D	Ajusta rodillos y tensa el circuito	7	C
E	Ingresa el código del circuito	4	A
F	Cambia boquilla	8.5	D
G	Camina a aplicador A y retira terminales anteriores	12	–
H	Retira carrete de terminales, enrolla y sujeta	10	G
I	Toma carrete nuevo, lo pone en la guía y lo sujeta	8	H
J	Retira aplicador A	5	I
K	Pone aplicador A siguiente en la máquina	7	J
L	Rutea terminales del carrete en el aplicador A	12.5	K
M	Ingresa el código del aplicador A	7	E
N	Ingresa el código de la terminal A	8	M
O	Camina a aplicador B y retira terminales anteriores	12	–
P	Retira carrete de terminales, enrolla y sujeta	11	O
Q	Toma carrete nuevo, lo pone en la guía y lo sujeta	11	P
R	Retira aplicador B	8	Q
S	Pone aplicador B siguiente en la máquina	7	R
T	Rutea terminales del carrete en el aplicador B	13	S
U	Ingresa el código del aplicador B	8	AM
V	Ingresa el código de la terminal B	7	U
W	Intercambia impresora	6	F
X	Limpia impresora	25	W
Y	Sustituye manguera	12	X
Z	Ingresa código de impresión	13	Y
AA	Realiza inspección visual	5	Z
AB	Ajusta brazo giratorio A	11	N, F
AC	Ajusta brazo giratorio B	15	AB
AD	Realiza pieza muestra	7	AA, AC
AE	Realiza inspección visual	3	AD
AF	Hace medición de altura de núcleo A	5	AE
AG	Realiza ajustes (*)	7	*
AH	Se captura el valor	5	AF
AI	Hace medición de altura de insulación A	8	AH
AJ	Realiza ajustes (*)	6	*
AK	Se captura el valor	7	AI
AL	Hace prueba de tensión A	9	AK
AM	Se captura el valor	5	AL
AN	Hace medición de altura de núcleo B	25	V
AO	Realiza ajustes (*)	10	*
AP	Se captura el valor	6	AN
AQ	Hace medición de altura de insulación B	3	AP
AR	Realiza ajustes (*)	23	*
AS	Se captura el valor	8	AQ
AT	Hace prueba de tensión B	16	AS
AU	Se captura el valor	3	AT
AV	Se confirma dimensión y sale etiqueta de liberación	7	AU
AW	Se hace cambios en la computadora	4	AV
AX	Sale la primera pieza y se mide longitud	17	AW
AY	Se realiza inspección contra etiqueta y se valida poniendo etiqueta	10	AX
Total		438	
Total (Minutos)		7.30	

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.6.2.2 Diagrama de actividades paralelas

Realizamos un diagrama para ver detalladamente el tiempo que conlleva el cambio de modelo mediano, y el resultado se muestra a continuación en la siguiente figura.

Primeramente, el proceso para el cambio de modelo con las actividades paralelas comienza con el ajuste de aplicadores en los brazos A y B.

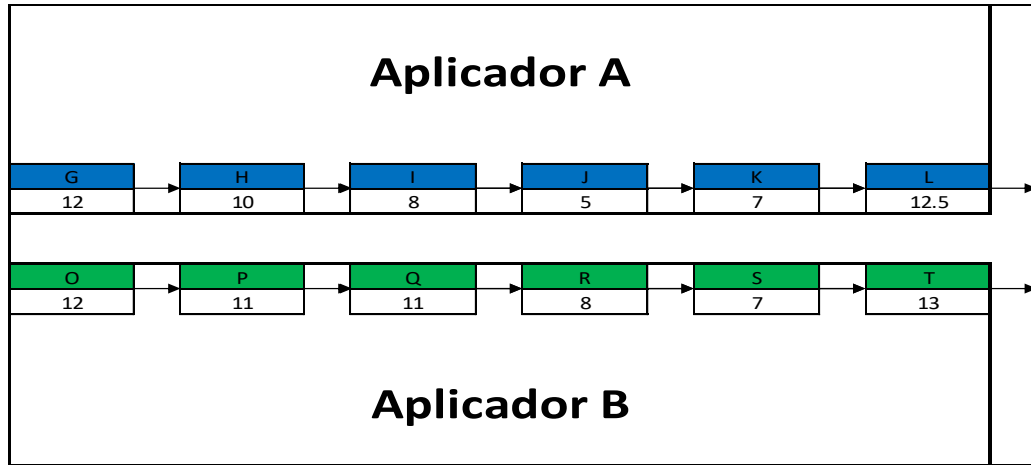


Figura 14: Diagrama de actividades paralelas de un cambio mediano

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Enseguida el cambio continuo con las actividades de programación y escaneo y luego con la de posicionamiento de brazos en conjunto con otras actividades.

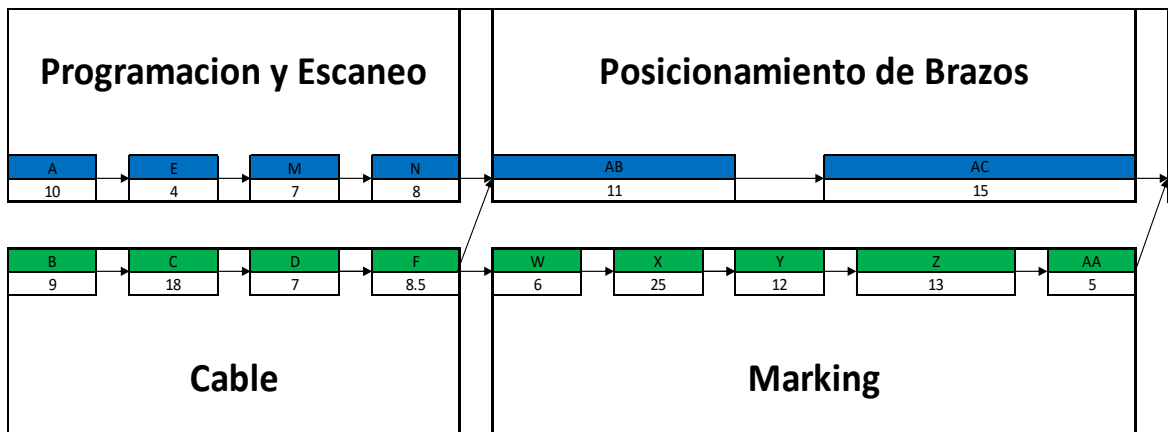


Figura 15: Continuación Diagrama de actividades paralelas de un cambio mediano

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Para finalizar el cambio con las primeras muestras tanto de el aplicador A y el Aplicador B, el operador A se encarga de eso y además hace la liberación de la primera pieza otro escanea para terminar el cambio de set up y comenzar con el proceso normal.

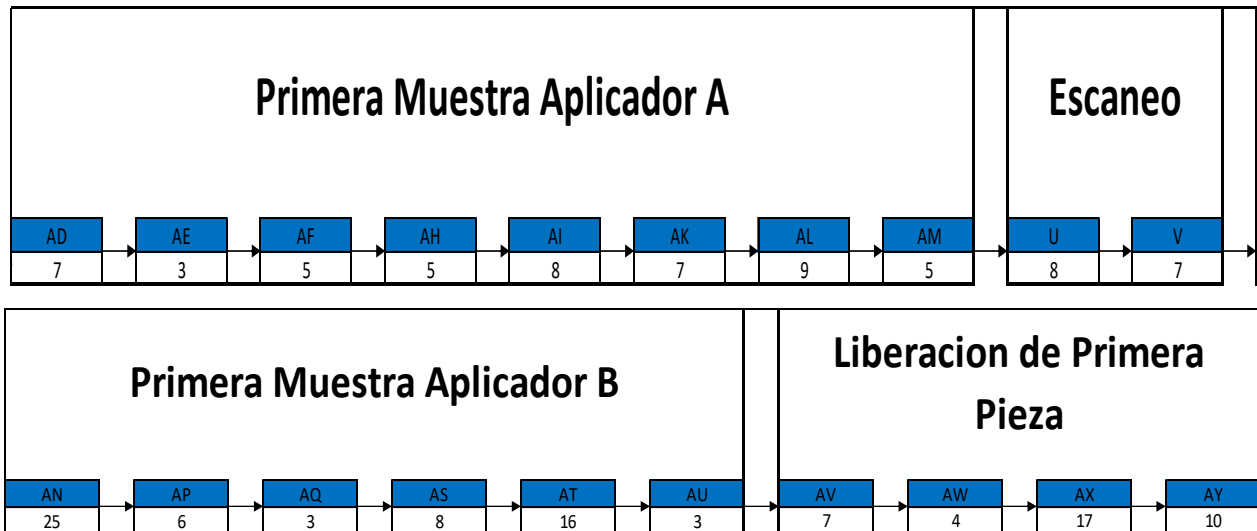


Figura 16: Continuación Diagrama de actividades paralelas de un cambio mediano

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Los resultados se muestran más detallados en la siguiente tabla

Tabla 16: Descripción de resultados

Total, en Segundos	438
Total, en Minutos	7.30
Total, en Segundos Actividades Paralelas	272.5
Total, en Minutos Actividades Paralelas	4.54
Reducción	38%

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.6.2.3 Tabla de actividades para cambio largo

Los siguientes datos corresponden a un cambio de largo, este tipo de cambios son los catalogados como los de más prolongación por la complejidad de ajustes, pero a su misma vez no ocurren tan concurridamente, en la tabla que se muestra a continuación se muestran los datos recabados.

Tabla 17: Actividades paralelas de un cambio largo

ACTIVIDADES PARALELAS			
Actividad	Descripción	Duración	Predecesores
A	Cambios en la computadora	6	R
B	Camina y retira circuito anterior de la maquinaria	9	AD
C	Toma de tambo circuito nuevo y rutea en la máquina	10	B
D	Ajusta rodillos y tensa el circuito	9	C
E	Ingresa el código del circuito	6	A
F	Cambia boquilla	8	D
G	Camina a aplicador A y retira terminales anteriores	8	–
H	Retira carrete de terminales, enrolla y sujeta	12	G
I	Toma carrete nuevo, lo pone en la guía y lo sujeta	11	H
J	Retira aplicador A	5	I
K	Pone aplicador A siguiente en la máquina	7	J
L	Rutea terminales del carrete en el aplicador A	5	K
M	Ingresa el código del aplicador A	4	E
N	Ingresa el código de la terminal A	6	M
O	Retira sello A	11	L
P	Retira guía de sello A	10	O
Q	Coloca nueva guía de sello A	22	P
R	Pone nuevo sello A	16	Q
S	Camina a aplicador B y retira terminales anteriores	10	–
T	Retira carrete de terminales, enrolla y sujeta	14	S
U	Toma carrete nuevo, lo pone en la guía y lo sujeta	11	T
V	Retira aplicador B	7	U
W	Pone aplicador B siguiente en la máquina	6	V
X	Rutea terminales del carrete en el aplicador B	5	W
Y	Ingresa el código del aplicador B	4	AU
Z	Ingresa el código de la terminal B	8	Y

AA	Retira sello B	11	X
AB	Retira guía de sello B	10	AA
AC	Coloca nueva guía de sello B	25	AB
AD	Pone nuevo sello B	10	AC
AE	Intercambia impresora	6	F
AF	Limpia impresora	18	AE
AG	Sustituye manguera	9	AF
AH	Ingresa código de impresión	12	AG
AI	Realiza inspección visual	8	AH
AJ	Ajusta brazo giratorio A	26	N, F
AK	Ajusta brazo giratorio B	22	AJ
AL	Realiza pieza muestra	13	AK, AI
AM	Realiza inspección visual	3	AL
AN	Hace medición de altura de núcleo A	8	AM
AO	Realiza ajustes (*)	16	*
AP	Se captura el valor	8	AN
AQ	Hace medición de altura de insulación A	9	AP
AR	Realiza ajustes (*)	16	*
AS	Se captura el valor	10	AQ
AT	Hace prueba de tensión A	12	AS
AU	Se captura el valor	9	AT
AV	Hace medición de altura de núcleo B	16	Z
AW	Realiza ajustes (*)	14	*
AX	Se captura el valor	8	AV
AY	Hace medición de altura de insulación B	14	AX
AZ	Realiza ajustes (*)	14	*
BA	Se captura el valor	1	AY
BB	Hace prueba de tensión B	12	BA
BC	Se captura el valor	5	BB
BD	Se confirma dimensión y sale etiqueta de liberación	7	BC
BE	Se hace cambios en la computadora	4	BD
BF	Sale la primera pieza y se mide longitud	18	BE
BG	Se realiza inspección contra etiqueta y se valida poniendo etiqueta	8	BF
	Total	552	
	Total (Minutos)	9.20	
	Reducción(%)	35.8695652	

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.6.2.4 Diagrama de un cambio largo

En la siguiente figura mostramos el tiempo total de un cambio largo con todas las actividades correspondientes.

Primeramente, el proceso para el cambio de modelo con las actividades paralelas comienza con el ajuste de aplicadores y de sello en los brazos A y B.

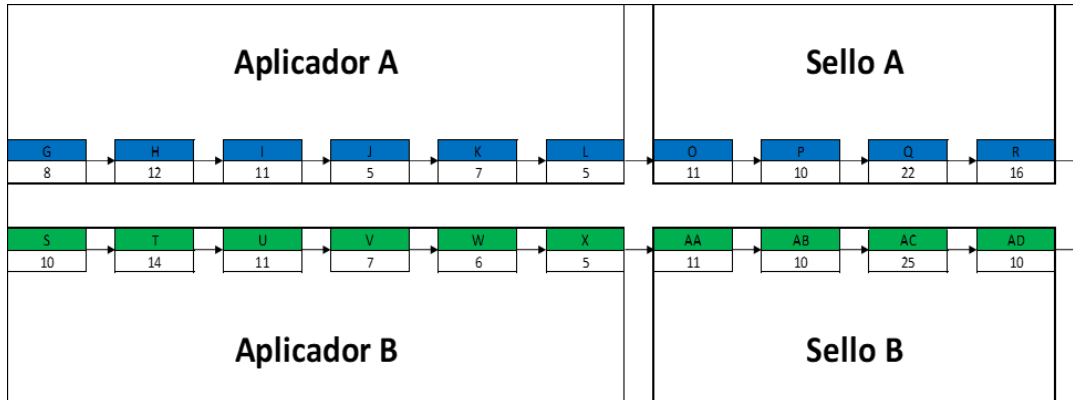


Figura 17: Diagrama de actividades paralelas para un cambio largo

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Después mientras el operador A hace las actividades de programación y escaneo el Operador B ajusta el cable, enseguida programa el Marking y mientras el operador A posiciona los brazos así realizando operaciones paralelas.

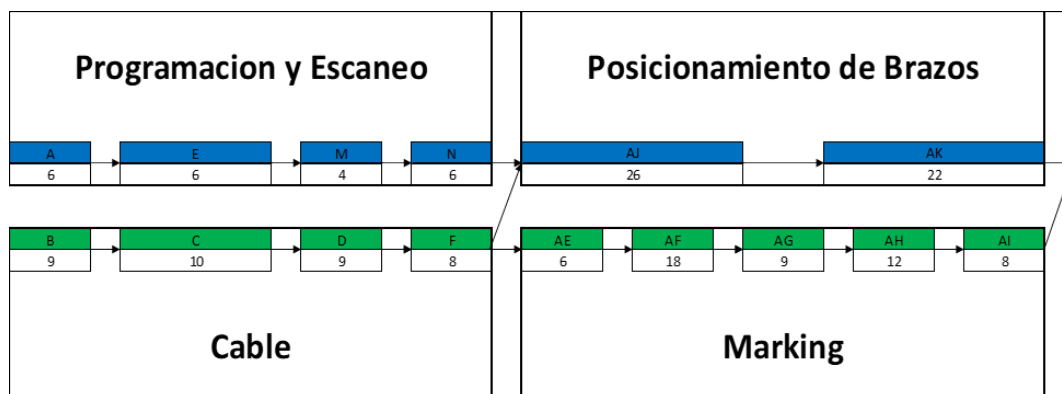


Figura 18: Continuación Diagrama de actividades paralelas para un cambio largo

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Para finalizar las actividades pasan solo para el operador A realizando las muestras para los aplicadores el escaneo y la liberación de la primera pieza.

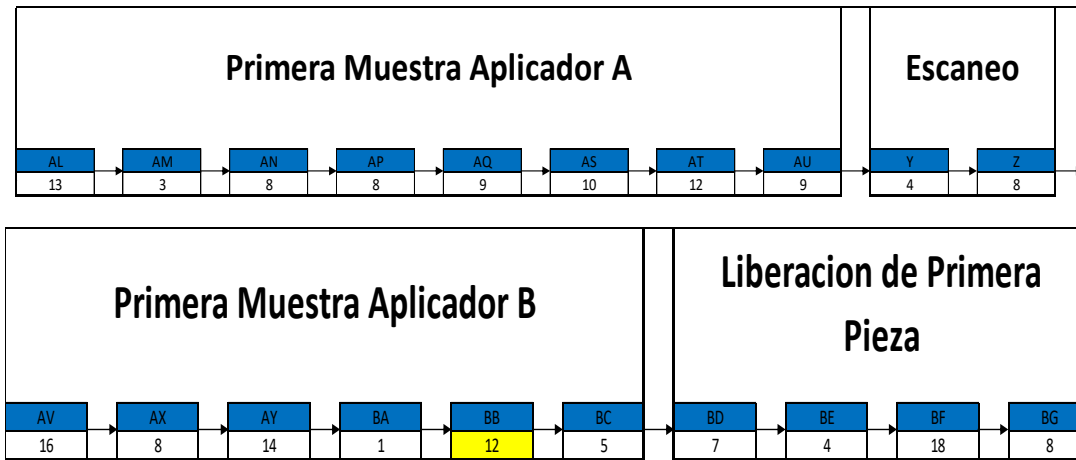


Figura 19: Continuación Diagrama de actividades paralelas para un cambio largo
Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Nuestro diagrama indica que, si hubo una reducción en el tiempo considerablemente, en la siguiente tabla se anexan los datos correspondientes.

Tabla 18: Tabla de resultados para un cambio largo

Total, en Segundos	552
Total, en Minutos	9.20
Total, en Segundos Actividades Paralelas	354
Total, en Minutos Actividades Paralelas	5.90
Reducción	36%

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.6.2.5 Actividades paralelas desglosadas en comparación

En la siguiente tabla se muestra las actividades uno a uno del proceso con su potencial mejora:

Tabla 19: Actividades a la par

Lado A	Tiempo en seg	Lado B	Tiempo en seg
(G) Camina a aplicador y retira terminales anteriores	8	(S) Camina a aplicador y retira terminales anteriores	10
(H) Retira rollo de terminales, enrolla y sujeta	12	(T)Retira rollo de terminales, enrolla y sujeta	14
(I) Toma carrete nuevo, lo pone en la guia y lo sujeta	11	(U) Toma carrete nuevo, lo pone en la guia y lo sujeta	11
(J) Retira aplicador A	5	(V) Retira aplicador B	7
(K) Monta el siguiente aplicador A	7	(W) Monta el siguiente aplicador B	6
(L) Rutea terminales en el aplicador A	5	(X) Rutea terminales en el aplicador B	5
(O) Retira sello A	11	(AA) Retira sello B	11
(P) Retira guia de sello A	10	(AB) Retira guia de sello B	10
(Q) Coloca siguiente guia de sello A	22	(AC) Coloca siguiente guia de sello A	25
(R) Cloc sello A	16	(AD) Coloca sello B	10
(A) Cambios en el sistema	6	(B) Camina y retira circuito anterior de la maquina	9
(E) Ingresar el código del circuito	6	(C) Toma circuito del siguiente tambor y lo rutea	10
(M) Ingresar código del aplicador A	4	(D) Ajusta rodillos y tensa el circuito	9
(N) Ingresar código de la terminal A	6	(F) Cambia de boquilla	8
(AJ) Ajusta brazo giratorio lado A	26	(AE) Intercambia impresora	6
		(AF) Limpia Impresora	18
		(AG) Sustituye manguera de aire	9
(AK) Ajusta Brazo giratorio B	22	(AH) Ingresar código de impresión	12
		(AI) Realiza inspección visual	8
(AL) Realiza pieza muestra	13		
(AM) Realiza inspección visual	3		
(AN) Hace medición de altura de núcleo A	8		
(AP) Se captura el valor	8		
(AQ) Hace medición de altura de insulación A	9		
(AS) SE captura el valor	10		
(AT) Hace prueba de tensión A	12		
(AU) Se captura el valor	9		
(Y) Ingresar código del aplicador B	4		
(Z) Ingresar el código del terminal B	8		
(AV) Hace medición de altura de núcleo B	16		
(AX) Se captura el valor	8		
(AY) Hace medición de altura de insulación B	14		
(BA) Se captura el valor	1		
(BB) Hace prueba de tensión B	12		
(BC) Se captura el valor	5		
(BD) Se confirma dimensión y sale etiqueta de liberación	7		
(BE) Se hace cambios en la computadora	4		
(BF) Sale la primera pieza y se mide longitud	18		
(BG)Se realiza inspección contra etiqueta y se valida poniendo etiqueta	8		

Tiempo lado A	5.9
Tiempo lado B	3.3
Total	9.20

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.6.2.6 Actividades correspondientes a un cambio corto

Como mera demostración se va a anexar los datos que recabamos para la realización de un cambio corto con dos operadores, ya que en este caso no es muy necesaria la participación de esta segunda persona, ya que este cambio se concentra en una sola prensa y aquí en este tipo de casos el segundo operador estaría sobrando la mayor parte del tiempo.

En la tabla siguiente se muestran las actividades realizadas y así mismo los tiempos correspondientes a cada actividad.

Tabla 20: Actividades de un cambio corto

ACTIVIDADES PARALELAS			
Actividad	Descripción	Duración	Predecesores
A	Cambios en la computadora	10	–
B	Camina y retirar circuito anterior de la maquinaria	17	–
C	Toma de tambo circuito nuevo y rutea en la máquina	18	B
D	Ajusta rodillos y tensa el circuito	12	C
E	Ingresa el código del circuito	13	A
F	Cambia boquilla	12	D
G	Intercambia impresora	19	E
H	Limpia impresora	28	G
I	Sustituye manguera	15	H
J	Ingresa código de impresión	14	I
K	Realiza inspección visual	19	J
L	Se confirma dimensión y sale etiqueta de liberación	15	K
M	Se hace cambios en la computadora	12	L
N	Sale la primera pieza y se mide longitud	18	F, M
O	Se realiza inspección contra etiqueta y se valida poniendo etiqueta	18	N
Total		240	
Total (Segundos)		4.00	

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.6.2.7 Diagrama correspondiente a un cambio corto

A continuación, se muestra en la siguiente figura, el diagrama arrojado por las operaciones correspondientes a este cambio de modelo.

El operador B solo apoya al cambio y ruteo del cable, mientras que el operador A se encarga de la programación, el marking y la liberación de la primera pieza.

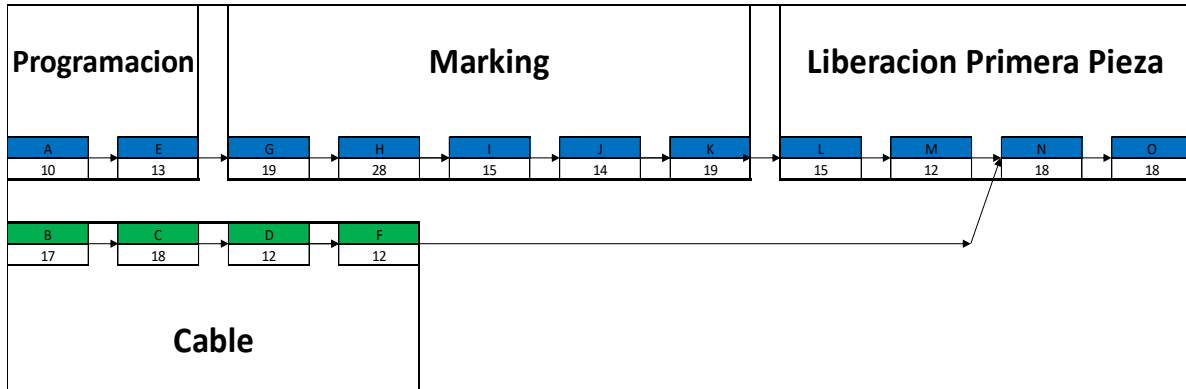


Figura 20: Diagrama de un cambio corto

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

En la tabla que se muestra a continuación se ven los datos de una forma más clara:

Tabla 21: Resultados de un cambio corto

Total, en Segundos	240
Total, en Minutos	4.00
Total, en Segundos Actividades Paralelas	181
Total, en Minutos Actividades Paralelas	3.02
Reducción	25%

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

3.6.3 Mejora con dos personas participes del cambio

La siguiente ilustración nos muestra cuanto es que se redujo el tiempo total del cambio aplicando dos operadores durante el proceso, se puede visualizar el impacto que se tuvo para los cambios medianos y cortos disminuyendo el tiempo considerablemente

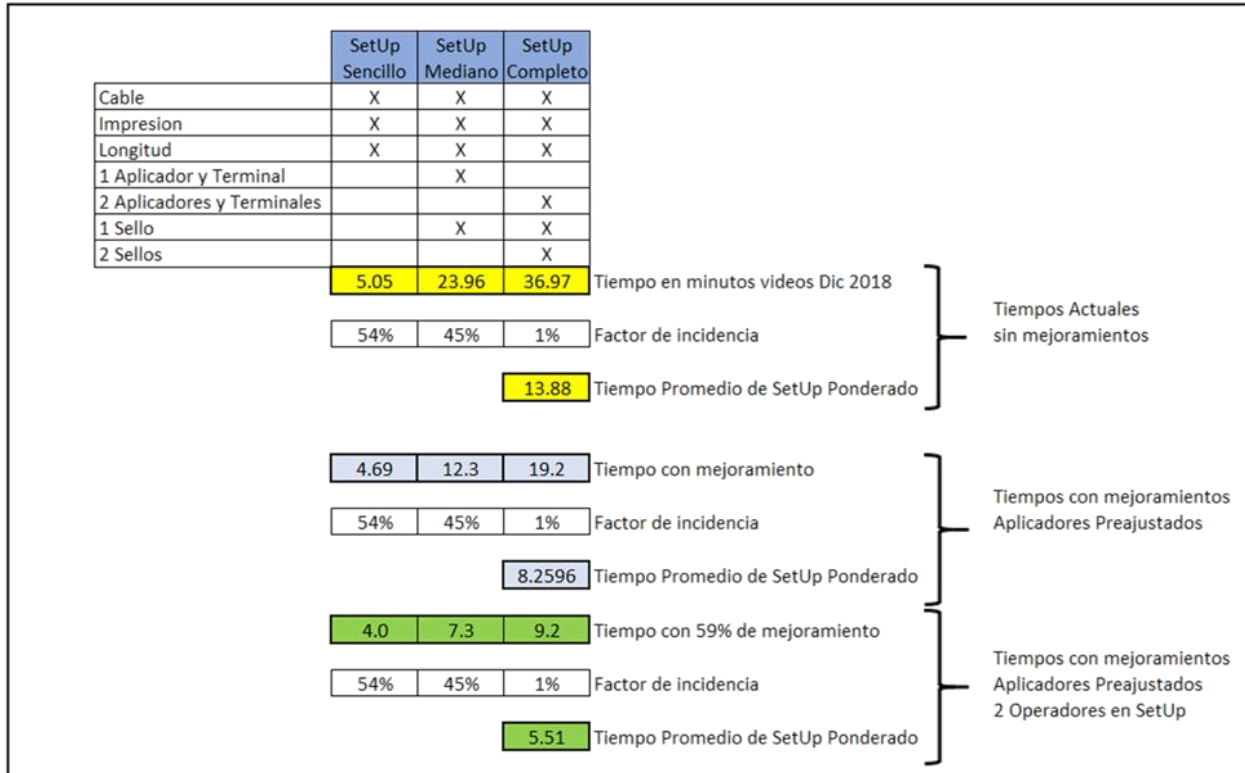


Figura 21: Comparación de tiempos con mejora de dos operadores

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Promedio ponderado: $(4.0)(54) + (7.3)(45) + (9.2)(1) = 5.51$

CAPITULO IV: RESULTADOS

Con los datos recabados durante el proyecto y el análisis que se dio para poder hacer que funcionara, nos podemos dar cuenta que el proyecto realmente funciono ya que el tiempo promedio que existía al inicio era de 13.88 minutos, ya con las mejoras que se implementaron se logró reducir este tiempo a un promedio ponderado de 5.51 minutos.

Podemos mencionar que esto trae beneficios y uno a grandes rasgos se presenta a la hora de medirlo con la cantidad de cable cortado que existía antes y después del proceso. Este lo podemos visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 22: Cables cortados durante 7 semanas

Semana	1	2	3	4	5	6	7
Cables cortados	2199498	2171148	2209868	1991126	2374846	2209810	2125962
						Promedio	2183180

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

	Cambios por dia	43			
	Promedio ponderado del cambio	13,8	}	Promedio ponderado del cambio sin mejoramientos	
	Cambio en hrs	9,89			
	Corrida en hrs	7,51			
	Total en horas	17.4			
	Cambios por dia	43	}	Promedio ponderado con aplicadores preajustados y 2 operadores	
	Promedio ponderado del cambio	6			
	Cambio en hrs	4,3			
	Corrida en hrs	13,1			
	Total en horas	17,4			
		3.808.210		Estimacion de cable cortado por semana	
		57%		% de mejora	
		66		Cortadoras activas	
		57.7		Cables cortados a la semana	
		2.800.000		Requerimiento de cable cortado	
				49 Cortadoras requeridas con nuevo objetivo	

Figura 22: Mejora de cable cortados

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Una maquina cortadora de cable actualmente su precio en el mercado está en \$257,991.92 Dlls, dando un enfoque más específico a lo que se mostró en el campo anterior podemos determinar lo siguiente.

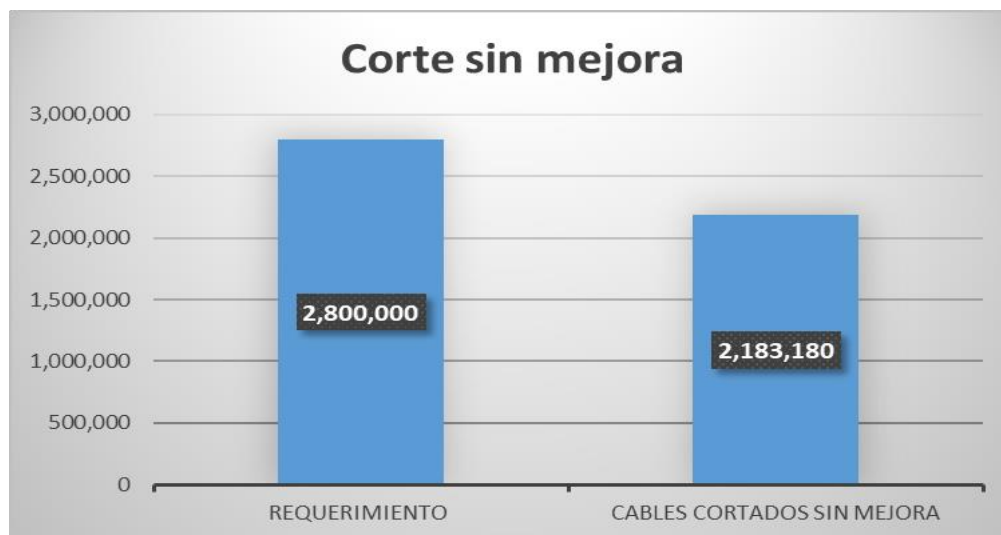
La empresa tiene como requerimiento semanal 2'800,000 cables, antes de la mejora con las 66 máquinas que se encuentran en la planta se cortaba la cantidad de 2'183,180 piezas semanales, con lo que podemos visualizar que no se está logrando la meta de producción.

Ya con la aplicación del proyecto SMED se puede mostrar que, junto con el tiempo disminuido, esto conlleva a aumentar la producción diaria al aprovechar el tiempo de producción, en la siguiente tabla y graficas se puede notar el alcance:

Tabla 23: Porcentaje de mejora

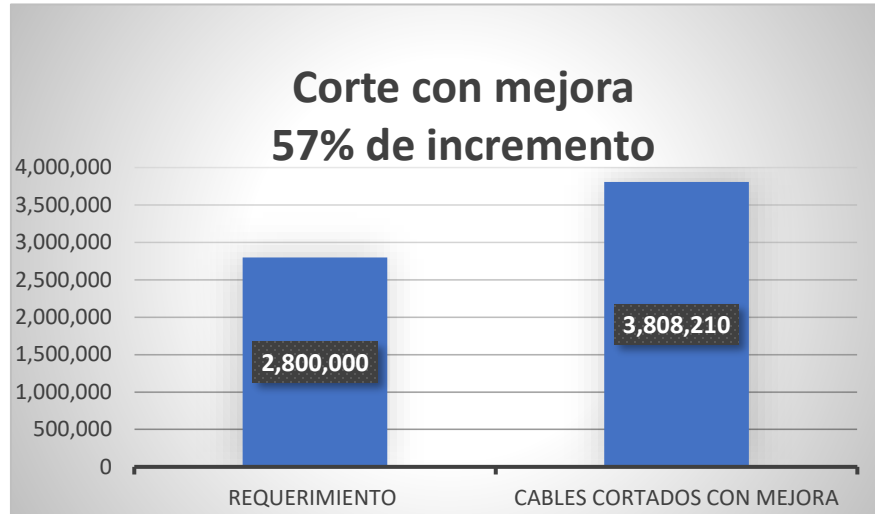
Requerimiento	Cables cortados sin mejora	Cables cortados con mejora	Piezas incrementadas	Porcentaje de mejora
2,800,000	2,183,180	3,808,210	1,625,030	57%

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.



Grafica 2: Cable cortado sin mejora

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.



Grafica 3: Corte con mejora

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

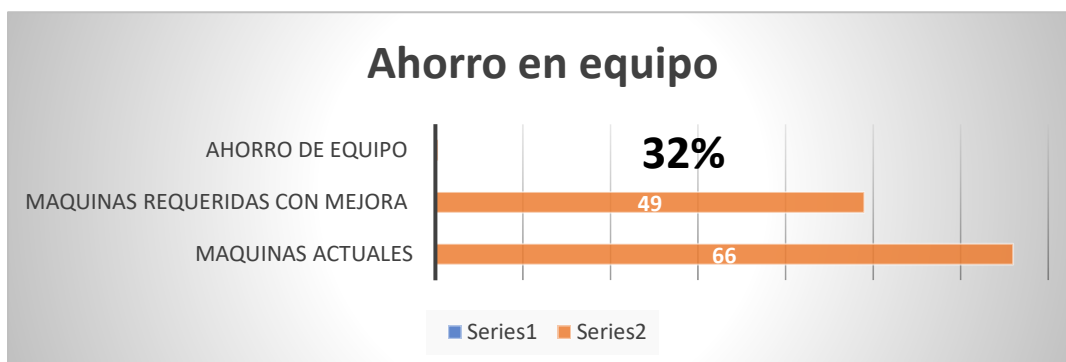
Haciendo un análisis con el aumento de producción solo se requieren 49 máquinas de las 66 que existentes para alcanzar la meta de cable cortado por semana. Entonces si vemos gráficamente el ahorro que se alcanzó con el proyecto podemos determinar lo siguiente en tabla que se ve a continuación:

Tabla 24: Ahorro en costo de maquinaria

Maquinas Actuales	Inversión actual	Maquinas requeridas con mejora	Costo con mejora	Beneficio
66	17,027,466.72	49	12641604.08	4,385,862.64

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

En la siguiente grafica se muestra el ahorro en equipo



Grafica 4: Ahorro en equipo

Fuente: Elaborada por el autor con datos de la empresa.

Como se puede observar la empresa estaría ahorrando un total de 4,385,862.64 Dlls en gasto de máquinas cortadoras de cable. Aunado con esto tomamos en cuenta que en la actualidad el salario promedio de un operador ronda en los \$5,000 Dlls, el ahorro que se estuviera denotando es de \$170,000 Dlls.

En total el ahorro de la empresa es de **\$4,555,862.6 Dlls**

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENACIONES

5.1 Conclusión

Con todo lo demostrado en la aplicación del proyecto SMED se puede concluir que la aplicación de las mejoras fue un gran acierto por todas las personas involucradas para de este proceso.

En primer lugar, se logró la meta impuesta por los altos mando de la empresa, reduciendo el tiempo promedio ponderado en el proceso de 13.88 minutos a un tiempo de 5.05 minutos totales.

En segundó, el primero punto se logro gracias a la implantación de varias mejoras, principalmente la calibración de aplicadores y la implantación de dos operadores para el cambio de set-up, cumpliendo con éxito la reducción y división de tareas.

Por último, con esto la empresa será beneficiada la reducción de gastos que se derivan por el cumplimiento del primer y segundo objetivo. El ahorro en una empresa es indispensable, pero lo que se debe de tener en mente es hacer más con menos para cuando aun así reduciendo los gastos se pueda alcanzar una mejora de producción o procesos para ganar aún más aprovechando la mayoría de los recursos.

5.2 Recomendaciones

Para que un proyecto de esta magnitud es necesario tener una comunicación coherente entre la participación de todos los departamentos involucrados, es necesario estar la misma sintonía durante todas las etapas del proyecto.

Se deben analizar los resultados que se van presentando en cada momento para ver aun mas las oportunidades de mejora que pueden existir, con esto se puede lograr un impacto mas alto de lo que se puede esperar y aun así expandir los resultados a grandes rasgos.

Para mas dudas favor de tomar como ejemplo los anteriores trabajos de diferentes ingenieros aplicando el SMED en diversos sectores de la industria, que sirvieron como ejemplo y referencia para este proyecto.

FUENTES CONSULTADAS

- Espina García, W. H. (2020). *Implementación de la herramienta de manufactura esbelta (SMED) en un departamento de costura, para reducir tiempos muertos*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Luis socconini. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. Barcelona : Marge books .
- Miranda Ausay, F. N. (2019). *Implementación de la metodología Smed en la empresa cartonera Panasa para minimizar los tiempos de montaje en la línea de producción (Bachelor's thesis)*.
- Piñero, E. A. (2018). *Programa 5Ss para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*. 6(20), 99-110.
- QUINTEROS RAMÍREZ, R. A. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED AL PROCESO DE INYECCIÓN DE LA EMPRESA UMCO SA (Bachelor's thesis)*. UMCO SA.
- Sabadka, D. M. (2017). . *The use of lean manufacturing techniques–SMED Analysis to optimization of the production process. Advances in Science and Technology Research Journal*.
- Shigeo Shingo. (1983). *A Revolution in Manufacturing the SMED System*. Japan: The Japan Management Association, Tokyo.
- Singh, J. (2018). *SMED for quick changeover in manufacturing industry – a case study*.
- Singh, J. S. (2018). *SMED for quick changeover in manufacturing industry–a case study*. . Benchmarking: An International Journal.
- Zúñiga, J. A. (2017). *Modelo propuesto para la implementación de la metodología SMED en una empresa de alimentos de Santiago de Cali*. . Revista de Investigación, 10(2), 103-117.

