



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS SET UP POR
MEDIO DE LA METODOLOGÍA SMED Y
ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS, EN LA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS
LAMINADOS DE CICLO CORTO 2**

Diego Alexander Rodríguez Úsuga

Universidad de Antioquia

**Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Industrial**

Medellín, Colombia

2021



Disminución de los tiempos set up por medio de la metodología SMED y estandarización de procesos, en la línea de producción de tableros laminados de ciclo corto 2

Diego Alexander Rodríguez Úsuga

Informe de práctica
Como requisito para optar al título de:
Ingeniero Industrial.

Asesores

Emerson Andrés Giraldo Betancur

Ingeniero Industrial

Especialista en Investigación de Operaciones

Magister en Dirección de Operaciones y Logística

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial

Medellín, Colombia

2021

CONTENIDO

1	Introducción	2
2	Generalidades de la empresa	3
2.1	Quien es Duratex	3
2.2	Tablemac Duratex	3
3	Objetivos.....	3
3.1	Objetivo general	3
3.2	Objetivos específicos.....	3
4	Marco teórico	4
5	Metodología	8
6	Resultados y análisis.....	9
6.1	Primera etapa, evaluación y análisis de procesos	9
6.2	Segunda etapa, acercamiento al proceso	10
6.3	Tercera etapa, estandarización del proceso.	14
6.4	Cuarta etapa, implementación de la metodología SMED.	18
7	Propuestas y recomendaciones.....	26
8	Conclusiones	27
9	Bibliografía.....	28

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Concepto de tiempo de preparación. Tomado de (Guilherme Satolo & Araújo Calarge, 2008)	4
Ilustración 2: Diagrama de Pareto de tiempos perdidos 2020	9
Ilustración 3: Modos de falla cargados a PCP 2020	11
Ilustración 4: Línea de inserción de tableros.	12
Ilustración 5: Plato, lamina que da la textura al tablero laminado.	12
Ilustración 6: minutos perdidos por cambio de plato.	13
Ilustración 7: Numero de cambio de platos por mes.	13
Ilustración 8: Puntuación de suplementos (Kanawaty, 1996).	17
Ilustración 9: estructura de almacenaje de platos.	20
Ilustración 10: carro de ventosas vs polipasto.	21
Ilustración 11: estructura de platos a organizar.	22
Ilustración 12: estructura organizada para cambio de platos.	22
Ilustración 13: ganancia de tiempo por metodologías.	24
Ilustración 14: diagrama de recorrido y/o posicional de operadores.	25
Ilustración 15: ahorro de tiempo por estudio.	25
Ilustración 16: propuesta de reporte para cambio de platos.	26

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: las <i>Mudas</i> reflejan un impacto ambiental según (Ghobadian, y otros, 2020).....	7
Tabla 2: modos de fallo según responsable.	10
Tabla 3: lista de actividades cambio de platos.	15
Tabla 4: valoración del ritmo según (Kanawaty, 1996).	16
Tabla 5: Tabla de suplementos (Kanawaty, 1996).....	17
Tabla 6: Tiempos estándar para el proceso de cambio de platos.....	18
Tabla 7: actividades internas y externas del proceso cambio de platos.....	19
Tabla 8: estándar optimizado del proceso de cambio de platos.	23
Tabla 9: Diagrama de actividades múltiples.	24

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación para la valoración del ritmo según (Kanawaty, 1996).	16
Ecuación 2: ecuación para el tiempo estándar según (Kanawaty, 1996).....	16

Disminución de los tiempos Set up por medio de la metodología SMED y estandarización de procesos, en la línea de producción de tableros laminados de ciclo cortó 2

Resumen

Este proyecto consiste en realizar un estudio, de métodos y tiempos para la implementación de la metodología SMED, una herramienta perteneciente al modelo de gestión Lean Manufacturing, método de organización del trabajo, centrada a la mejora continua. Esto se hace con el fin de estandarizar el proceso de cambio de platos en la prensa de la laminación de ciclo corto 2 y así reducir los tiempos de preparación, aumentar la disponibilidad de máquina, aumentar la productividad del proceso, que en teoría se traduce a más tableros laminados al final del día; además de garantizar la seguridad de los colaboradores que realizan esta labor, dado que la actividad se realiza de formas múltiples y la variación del número de personal disponible para la labor.

Con la aplicación de la metodología, se logra definir qué actividades específicas realizan los operarios involucrados en los cambios de formatos, se identifica actividades que no aportan al proceso (mudas), se enlista actividades que se realizan internas y externas al proceso, se esquematiza posición de cada colaborador en el proceso, y se presenta resultados y análisis.

Palabras clave: SMED, estandarización de procesos, métodos y tiempos, medidas de tendencia central, valoración del ritmo, suplementos, MUDAS.

1 Introducción

La evolución de las empresas y tendencias del mercado, son cada vez más exigentes y con mayores expectativas, que invitan a una transformación a diario, a reinventarnos, y estar siempre a la vanguardia, lo que se traduce en ser altamente competitivos. Elevar los niveles de productividad es fundamental para tener una oferta de bienes y servicios más sofisticada, diversificada y con altos estándares de calidad, que responda a las necesidades de los consumidores (Fedemaderas, 2018).

Los tableros aglomerados y MDP (tablero de partículas de densidad media), y Tableros MDF (tablero de densidad media), son los materiales, actualmente preferidos para la elaboración de muebles de cocina, closet, estanterías, muebles de oficina, etc. Estos materiales, son versátiles, resistentes y de fácil mantenimiento. El material es elaborado a partir de madera triturada, resinas, parafinas, colorantes y demás componentes que forman el producto.

Las ventajas de estos materiales, es que su fabricación es menos contaminante, además de poder impregnar una capa de melanina, que le da un diseño y textura al tablero, basado en las tendencias del mercado, o el caso más conservador, darle un acabado similar al de la madera natural.

La impregnación de esta melanina se hace por medio de una prensa, acompañada de calor, para generar la adherencia de la melanina con el tablero MDP o MDF, durante un tiempo de ciclo establecido por el proceso, además de esto, al tablero se le puede generar un acabado o textura, acordes a las tendencias del mercado.

Para lograr el acabado o textura del tablero, se utilizan unas placas metálicas, en este caso llamadas platos. Actualmente se tienen 6 tipos de cambios de utillaje (cambio de platos), que son realizados de acuerdo con el programa de producción.

Actualmente los tiempos de preparación, tienen oportunidad de mejora, dado que no se tiene estandarizado el proceso. Solo se tiene un estimado de tiempo estándar según los históricos, ahora bien, con el fin de reducir los tiempos de preparación (cambio de platos), para cada una de las referencias utilizadas en ciclo corto 2, se aplica la metodología SMED para la reducción del tiempo estándar menor a 20 minutos.

2 Generalidades de la empresa

2.1 Quien es Duratex

Duratex es la mayor productora de paneles de madera y de lozas y metales sanitarios del hemisferio sur. Son reconocidos por clientes, colaboradores, comunidades, proveedores e inversionistas, por su interés en la promoción de mejores prácticas de gobierno corporativo y sustentabilidad, generando valor para la sociedad.

2.2 Tablemac Duratex

Se suma a la tradición y buen posicionamiento de Tablemac, el respaldo de una compañía con experiencia en el negocio de paneles de madera, lo que la convierte en una empresa sólida para seguir creciendo en el mercado: Duratex, Brasil.

Hoy Duratex es dueño de casi la totalidad de las acciones de la Compañía (99.6%). Pero más allá del título de propietario, lo que quiere decir es que Tablemac, con todo el reconocimiento que tiene hoy en Colombia, ha decidido sumar su experiencia a la de esta gran empresa que tiene como plan futuro expandir su marca en la Región Andina, Centroamérica y el Caribe. Esta unión de saberes, de experiencia y de tecnología, nos permitirá continuar transformando espacios y hogares que hagan más felices a las personas.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Disminuir los tiempos Set up presentes en la línea de laminación de tableros 1.83 -2.15, ciclo corto 2 planta Barbosa, por medio de la metodología SMED en los cambios de platos realizados en la prensa.

3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar diagnóstico del proceso de la laminación ciclo corto 2.
- Identificar el proceso a intervenir y elegir la metodología a utilizar para el mejoramiento del proceso.
- Realizar estudio de métodos y tiempo, y estandarizar el proceso de cambio de platos en la línea de ciclo corto 2.
- Aplicar la metodología SMED en el proceso de cambio de platos.

4 Marco teórico

La metodología SMED fue desarrollada por Shingo (1985), quien esencialmente la describió como un enfoque científico para reducir los tiempos de preparación. Centrándose en la eliminación de tiempos perdidos asociados a la herramienta cambios en la fase de configuración, SMED permite la reducción del tamaño de los lotes y permite satisfacer la fluctuación de la demanda. Además, elimina el desperdicio inherente a la acumulación de existencias y mejora la reducción del tiempo de entrega (Rosa, Silva, Pinto Ferreira, & Campilho, 2017).

(Shingo, 1985), introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o alistamiento del proceso: debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase Single - minute Exchange of die (cambio de útiles en menos de 10 minutos).

Según (Shingo, 1985), las configuraciones internas (IED): Son aquellas que se realizan con la maquina parada, como cambio de piezas o herramientas, cambio de programas, etc.

Configuraciones externas (OED): Son aquellas que se realizan con la maquina en marcha, tales como búsqueda de piezas, herramientas; acondicionamiento del lugar, etc.

Según (Bacci, Sugai, & Novaski, 2005), para la aplicación efectiva y eficiente de la metodología SMED, es necesario estudiar sus condiciones, ya que estos factores influyen directamente en las decisiones de inversión en la industria. Entre las condiciones que se deben analizar, se destacan la demanda y la capacidad, también es posible tomar las decisiones en base al OEE o EGE.

(Guilherme Satolo & Araújo Calarge, 2008), presenta de manera gráfica los pasos aplicados de la metodología SMED en seis empresas de las industrias metalmeccánicas, como se presenta en la ilustración 1.

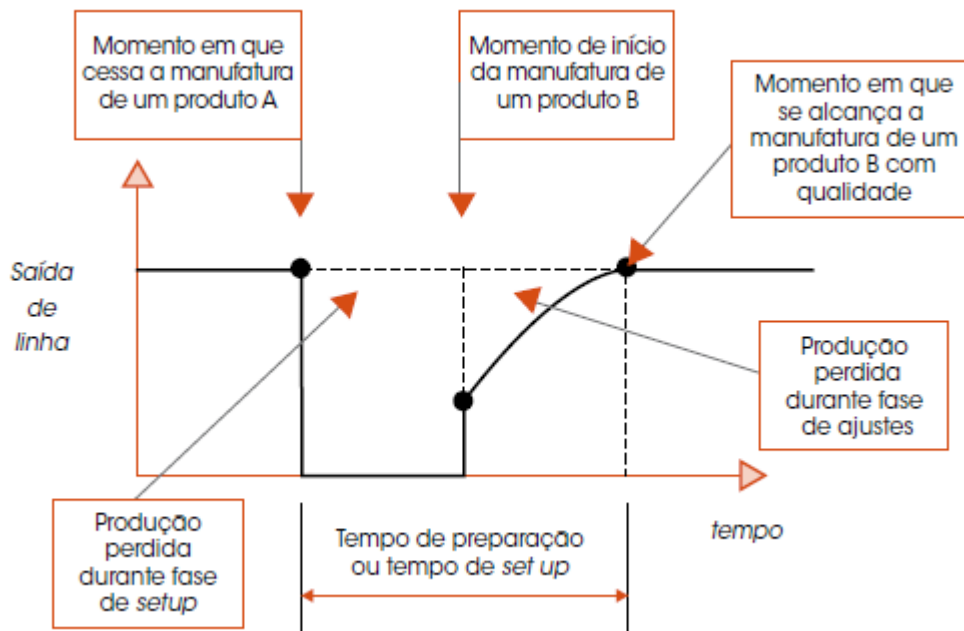


Ilustración 1: Concepto de tiempo de preparación. Tomado de (Guilherme Satolo & Araújo Calarge, 2008)

Según (Tafolla, 2014), la estandarización es el desarrollo sistemático, aplicación y actualización de patrones, medidas uniformes y especificaciones para materiales, productos o marcas; no es un proceso nuevo, ha existido desde hace mucho tiempo y constituye un método excelente para controlar los costos de materiales, eliminar el número de proveedores y ayudar a la gente a identificar los productos en donde quiera que se encuentre.

En la manufactura, la estandarización de componentes, también conocida como uso de partes en común o modularidad, favorece la repetibilidad. La productividad tiende a aumentar porque, en virtud del mayor número de repeticiones, los trabajadores aprenden a realizar sus tareas con más eficiencia. La estandarización de los componentes y los métodos de trabajo ayuda a la empresa a alcanzar los objetivos de alta productividad e inventarios bajos en un sistema esbelto (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

Un estándar tal como lo define ISO, “son acuerdos documentados que contiene especificaciones técnicas u otros criterios precisos para ser usados consistentemente como reglas, o definiciones de características para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios cumplan con su propósito”. Los estándares deben estar documentados, es decir escritos en papel, con objeto que sean difundidos y captados de igual manera por las entidades o personas que los vayan a utilizar (Rodríguez Casas, 2005)

El término estándar de tiempo de acuerdo con su definición, es “el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las tres condiciones, que son las siguientes: (1) un operador calificado y bien capacitado, (2) que trabaja a una velocidad o ritmo normal, y (3) hace una tarea específica” (Meyers, 2000)

Los tiempos predeterminados se basan en la idea de que todo el trabajo se puede reducir a un conjunto básico de movimientos. Entonces se pueden determinar los tiempos para cada uno de los movimientos básicos, por medio de un cronómetro o películas, y crear un banco de datos de tiempo. Utilizando el banco de datos, se puede establecer un tiempo estándar para cualquier trabajo que involucre los movimientos básicos. (Pineda, 2005).

Según (Niebel & Freivalds, 2009), los objetivos primordiales de los métodos, estándares y diseño del trabajo son 1) incrementar la productividad y la confiabilidad en la seguridad del producto y 2) reducir los costos unitarios, lo cual permite que se produzcan más bienes y servicios de calidad para más gente. La capacidad para producir más con menos dará como resultado más trabajos para más personas por un número mayor de horas por año.

El teorema del límite central dice que si una muestra es lo bastante grande ($n > 30$), sea cual sea la distribución de la variable de interés, la distribución de la media muestral será aproximadamente una normal. Además, la media será la misma que la de la variable de interés, y la desviación típica de la media muestral será aproximadamente el error estándar. (Escofet, 2019)

Por otro lado, (Quevedo Ricardi, 2011) afirma que las medidas de tendencia central son medidas estadísticas que pretenden resumir en un solo valor a un conjunto de valores. Representan un centro en torno al cual se encuentra ubicado el conjunto de los datos. Las medidas de tendencia central más utilizadas son: media, mediana y moda.

Para (Render & Heizer, 2007), los suplementos de tiempo personal a menudo se establecen en un intervalo de 4 a 7% del tiempo total, dependiendo de la cercanía de baños, bebederos y otras

instalaciones. Los suplementos por demora suelen ser el resultado de estudios de las demoras reales que ocurren. Los suplementos por fatiga se basan en el creciente conocimiento del gasto de energía humana en diversas condiciones físicas y ambientales.

(Salazar López, 2019) también define que la fase correspondiente a la determinación de suplementos es sumamente sensible en el estudio de tiempos, pues en esta etapa se requiere del más alto grado de objetividad por parte del especialista y una evidente claridad en su sentido de justicia, incluso cuando se haya ideado el método más práctico, económico y eficaz de trabajo, y cuando se haya efectuado el más preciso proceso de cronometraje y valoración de la cadencia, no podemos olvidar que la tarea seguirá exigiendo un esfuerzo humano, por lo que hay que prever ciertos suplementos para compensar la fatiga y descansar.

Por definición, valorar el ritmo es comparar el ritmo real del trabajador con cierta idea del ritmo tipo, que uno se ha formado mentalmente al ver cómo trabajan naturalmente los trabajadores calificados, cuando utilizan el método que corresponde y se les ha dado motivo para querer aplicarse, ese será, el ritmo tipo (Kanawaty, 1996), por otro lado (Salazar López, 2019) precisa que, conceptualmente existe una evidente claridad acerca de lo que es la valoración del ritmo y el desempeño estándar, sin embargo no existe un método de calificación universalmente aceptado para en la práctica lograr asociar dichos conceptos con las ejecuciones de un trabajador. Ahora, existen dos premisas que pueden resultar valiosas para inferir un método justo de valoración, estas son: La velocidad de movimiento de las extremidades de un hombre de físico corriente al caminar sin carga, en terreno llano y en línea recta es de 6,4 kilómetros por hora; el tiempo empleado por un trabajador calificado en la tarea de repartir los 52 naipes de una baraja es de 22, 5 segundos.

Muda es una palabra japonesa que significa “Desperdicio” o “sin valor”, algo por lo que nadie quiere pagar. La reducción de los residuos o los *muda*, es una forma efectiva de aumentar la rentabilidad. Desde el punto de vista de un cliente, un trabajo valioso es aquel que agrega valor al producir el bien o servicio, por el cual el cliente está dispuesto a pagar. Sin embargo, *muda* es cualquier proceso que consume más recursos de los necesarios y produce desechos (Socconini & Reato, 2018).

Taiichi Ohno identificó siete formas de desperdicio. Estas siete formas son: transporte, espera, sobreproducción, defectos, inventario, movimiento y exceso de procesamiento. Más allá de las siete formas de desperdicio, *muda* se divide en dos clasificaciones: **La muda de tipo 1**, incluye acciones que no tienen valor agregado, pero son por alguna otra razón considerada necesaria para la empresa. Estas formas de los desechos por lo general no se pueden eliminar de inmediato. **La muda de tipo 2**, son aquellas actividades que no tienen valor agregado y que tampoco son necesarias para la empresa: estos son los primeros objetivos para eliminar (Sayer & Williams, 2007).

La inclusión del daño ambiental y la sostenibilidad reconoce las externalidades de la fabricación al extender la noción de muda para incluir tanto a la sociedad como a los clientes. Sin embargo, es importante señalar que muda, al reducir / eliminar actividades que no agregan valor al cliente, también reduce el daño ambiental. La Tabla 1 proporciona una explicación de cómo la eliminación / reducción de las siete categorías de desechos identificadas por Jasti y Kodali (2015), reducen el daño ambiental (Ghobadian, y otros, 2020).

Fuentes originales de residuos (Muda)	Impactos ambientales físicos
Defectos	Consumo innecesario de materia prima y energía en la fabricación de productos defectuosos.
	Los componentes / productos defectuosos deben reciclarse o eliminarse.
	Espacio adicional en el piso para retrabajos y reparaciones, aumentando el uso de energía para calefacción, refrigeración e iluminación.
Inventario innecesario	Uso adicional de material de embalaje para almacenar el trabajo en curso (WIP).
	Desperdicio por deterioro o daño al WIP almacenado y uso de más material para reemplazar el WIP dañado.
	Se utiliza más energía para calentar, enfriar y alumbrar el espacio de inventario.
Tiempo de espera	Posible deterioro del material o daño de los componentes que provoquen desperdicio.
	Energía desperdiciada por calefacción, refrigeración e iluminación durante el tiempo de inactividad de la producción.
Transporte	Energía y combustible utilizados para transporte innecesario.
	Emisiones por transporte innecesario
Procesamiento inadecuado	Más consumidor de materias primas y repuestos por unidad de producción
	El procesamiento innecesario aumenta los desechos, el uso de energía y las emisiones.
Sobre producción	Más materias primas y energía consumida en la fabricación de productos innecesarios.
	Obsolescencia y deterioro de productos adicionales que requieran eliminación.
	Eliminación de excedentes no deseados que ejercen presión sobre los vertederos.
	Emisión extra, uso de energía
Movimientos innecesarios	Se requiere embalaje adicional para proteger los productos / componentes durante el movimiento.
	Derrame durante el movimiento produciendo daño ambiental.
	Riesgo de accidentes y daños a las mercancías.

Tabla 1: las *Mudas* reflejan un impacto ambiental según (Ghobadian, y otros, 2020).

Las gráficas de Pareto son un método para organizar errores, problemas o defectos con el propósito de ayudar a enfocar los esfuerzos para la solución de problemas. Tienen como base el trabajo de Vilfredo Pareto, un economista del siglo XIX. Joseph M. Juran popularizó el trabajo de Pareto cuando sugirió que 80% de los problemas de una empresa son resultado de sólo 20% de las causas (Render & Heizer, 2007).

5 Metodología

Con el fin de dar respuesta a lo planteado en el proyecto, se realizan 4 etapas.

La primera etapa consta de la evaluación y análisis de procesos, con oportunidades de mejora en la empresa Tablemac Duratex mdf. Esta etapa se consolida por medio de una reunión con los ingenieros de procesos, los cuales se focalizan en el proceso de laminación ciclo corto 2, con el objetivo de disminuir los tiempos Set up, dado la afectación que tiene sobre el tiempo de producción disponible según los reportes de notas de paros, realizados en el proceso. Además, se realiza una socialización con los operarios, con el fin de recopilar información sobre la perspectiva de tiempos perdidos en el proceso de laminación.

Una vez estipulado el proceso a intervenir, se realiza un acercamiento al proceso específico al cual se va a realizar el estudio, que en este caso va a ser el cambio de utillaje (cambio de platos). Se presentan los tiempos perdidos por Set up, número de veces que se realizan cambios por mes y la tendencia que esta tiene, según la programación, que en resumidas cuentas son las exigencias del mercado.

Dada la presentación gráfica de los tiempos perdidos y las oportunidades de mejora, se elige la metodología a aplicar, que en este caso es la metodología SMED, con su respectiva sustentación.

Luego de haber hecho el acercamiento al proceso, se inicia con la tercera etapa; se realiza un estudio de métodos y tiempos, y estandarización del proceso, el cual da como resultado diagrama hombre máquina, diagrama de actividades múltiples, y diagrama de recorrido. Se analizan los resultados y se realizan sugerencias respectivas, como miras a disminuir el tiempo de preparación. Por último, se presentan las conclusiones del trabajo realizado en proceso de laminación ciclo corto 2 Tablemac mdf S.A.S. planta Barbosa.

Para la última parte del trabajo (etapa 4), en esta se realiza la implementación de la metodología SMED, Según (Shingo, 1985), para la implementación del SMED se debe realizar en cuatro fases:

Fase preliminar: No están diferenciadas las preparaciones internas con las externas. Tradicionalmente se confunde esta preparación, lo que se puede realizar externamente se realiza internamente, que, como consecuencia, se tienen máquinas paradas durante grandes periodos de tiempo.

Fase 1: Esta fase separa la preparación interna de la externa, lo que es un paso muy importante para la metodología SMED, si realizamos un esfuerzo para tratar las actividades de preparación de forma externa reduciremos usualmente entre un 30 y un 50% de tiempo utilizado para cambio de utillaje.

Fase 2: Convertir la preparación externa en interna, la cual comprende dos conceptos importantes; reevaluación de operaciones, para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos y, por otro lado, la búsqueda de formas para convertir esos pasos en externos.

Fase 3: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación; este es el punto donde debemos concentrar esfuerzos para perfeccionar y todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones internas y externas.

6 Resultados y análisis

6.1 Primera etapa, evaluación y análisis de procesos

Por parte de una reunión que se obtuvo con los ingenieros de procesos, se acuerda apuntarle a la reducción de los tiempos Set up en el proceso ciclo corto 2, en vista de que es un proceso que por cada minuto perdido incurre en un alto costo para compañía, en este caso son \$260.000 pesos colombianos, cifra que será utilizada en cálculos posteriores.

Por medio del diagrama de Pareto, representado en la ilustración 2, se evidencia que tan alto es el impacto de los Set up en los tiempos perdidos de la línea de laminación ciclo corto 2, que para este caso en la empresa se cargan al responsable “planificación y control de producción” (PCP)

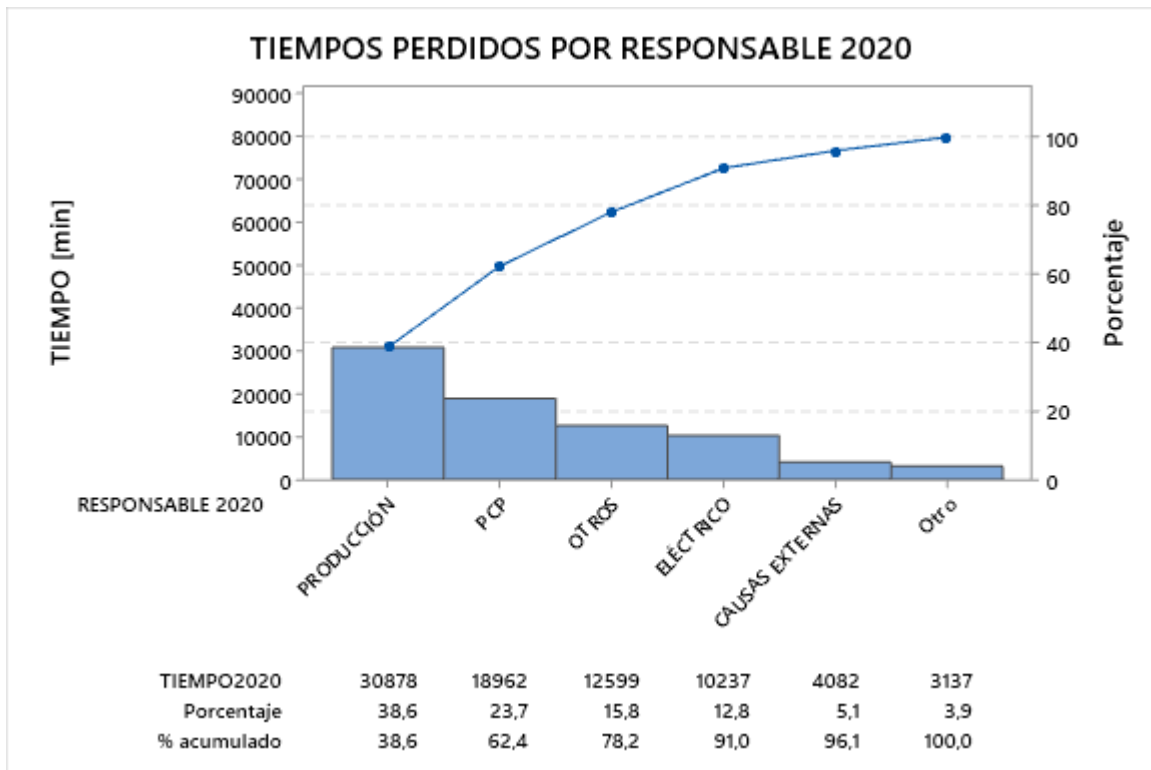


Ilustración 2: Diagrama de Pareto de tiempos perdidos 2020

Para este caso tenemos que los tiempos perdidos en la línea son generosos, por parte de producción tenemos 30878 minutos, equivalentes a 64 turnos o 21 días, para PCP en donde se encuentran los tiempos Set up los cuales son 18962 minutos, equivalentes a 40 turnos o 13 días y otros que son 12599 minutos, equivalentes a 26 turnos o 9 días. Con estos tres responsables abarcamos el 80% del tiempo perdido durante el año 2020; cabe resaltar que los cálculos realizados anteriormente están basados en los 3 turnos laborados en la empresa.

Para dar más claridad a los modos de falla que se cargan al tipo de responsable, se describen en la tabla 2 los dos responsables con mayor tiempo perdido con sus respectivos modos de falla de forma general.

MODOS DE FALLO SEGÚN RESPONSABLES	
PRODUCCIÓN	PCP
<ul style="list-style-type: none"> • Atravesamiento de tableros. • Cambio de temperatura. • Limpieza bandas papel, estática, general equipo. • Mesas de apilado llenas. • Papel corto, largo, no se adhiere, pegado. • Set up cambio de pallet de papel. • Set up manipulación de papel. • Falla operacional. • Falta de montacargas. • Falta de personal. • Tapa no conforme. • Set up cambio de manta. • Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto inventario. • Limpieza de platos. • Set up cambio de calibre sustrato. • Set up cambio de plato a rustik. • Set up cambio de plato a madera. • Set up cambio de plato a textone. • Set up cambio de plato a soft.

Tabla 2: modos de fallo según responsable.

Mediante la ilustración 2 y la tabla 1 previas, es de precisar que los mayores tiempos perdidos se cargan a producción, equivalentes a un 38,6% respecto al tiempo total, mientras que el 23,7% del tiempo total es cargado a PCP.

A pesar de que el responsable “producción” carga el mayor tiempo perdido, este estudio no se enfoca en este punto. Esto se debe a que las variables que suman los tiempos a producción son complejas de controlar por parte de la persona que realiza el estudio; un ejemplo de ello, es la falta de personal, falta de montacargas, e incluso Set up cambio de pallet de papel, que regularmente se da por condiciones climatológicas, para ser más específico, la humedad relativa presentada en el proceso, puesto que la empresa se encuentra ubicada en un sector donde pasa aire caliente por el área norte del país y a su costados colinda con zonas de clima frío, generando humedad y su vez poca adherencia del papel en el tablero MDP o MDF.

La planeación y control de la producción PCP, carga todos los tiempos Set up, que, por traducción del inglés, se refiere a configuración, preparación, disposición de un equipo para cambiar a un molde diferente, con la calidad requerida por el cliente. Es por esto, que el enfoque del estudio está centrado a la reducción de tiempos Set up.

6.2 Segunda etapa, acercamiento al proceso

En la ilustración 3, presenta el diagrama de Pareto del responsable PCP en el transcurso del año 2020, evidenciando los 3 focos principales a intervenir, para este caso es el Set up cambio de calibre y sustrato, Set up cambio de plato, y Set up cambio de tablero.

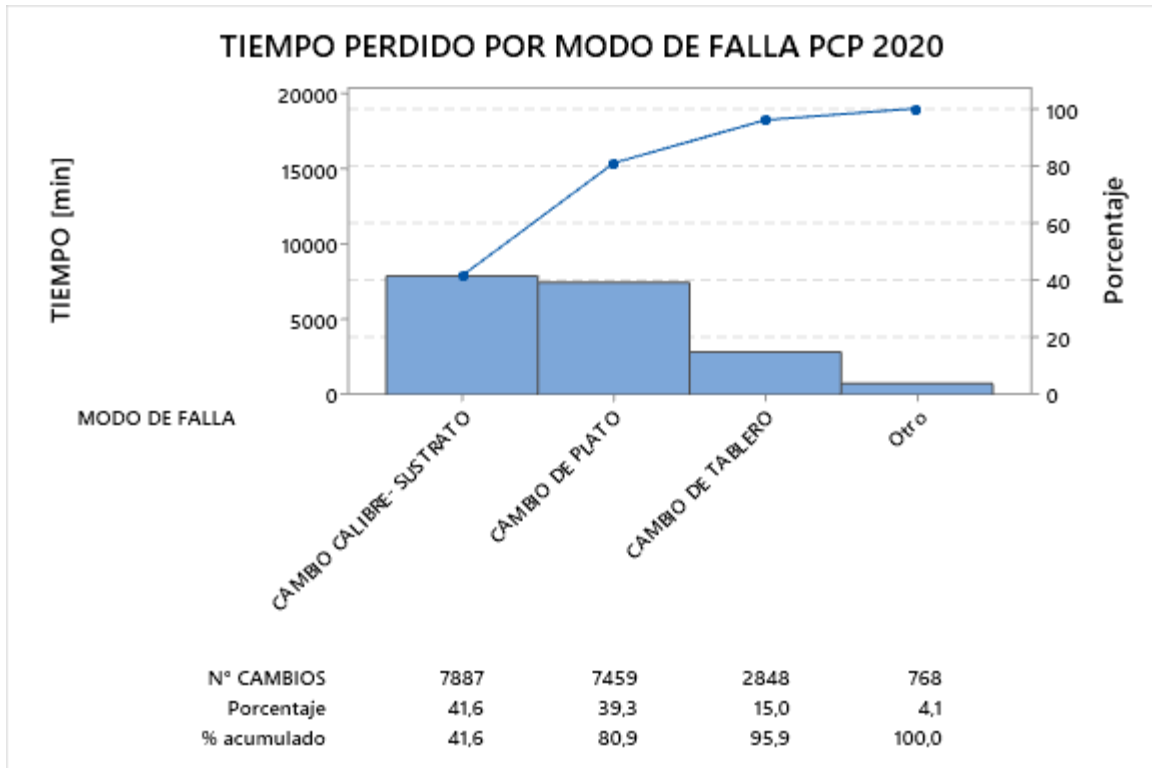


Ilustración 3: Modos de falla cargados a PCP 2020

En primer lugar, se encuentra el modo de falla “cambio de calibre y sustrato”: este se refiere al cambio de referencia, según la programación; el termino calibre es referente al espesor del tablero a laminar, ejemplo 5.5 mm, 9 mm, 12 mm, hasta 36 mm; y sustrato es referente a si es MDP, MDF, incluso si es ambiente seco o RH.

Este procedimiento se realiza al inicio de la línea, de inserción de tableros. En la ilustración 4, numeral 1, se denota la mesa elevadora con el paquete de tableros, antes de ser empujados uno a uno al proceso; en el momento que ingresaron los tableros requeridos para la producción y se pasa a otro calibre, que en el caso puntual de la foto se pasa de 15 mm a 18 mm, el sobrante que queda en el proceso (mesa elevadora), ilustración 4, numeral 2 se debe retirar con el montacargas y devolverlo a bodega. Este proceso tenía altos tiempos perdidos debido a disponibilidad de montacargas, ejemplo, en el momento que se requería hacer el cambio de calibre y/o sustrato, el montacarga estaba realizando otras tareas en bodega de tableros o cuarto climatizado, entonces el mayor tiempo se daba por espera que por tiempo de realización de la actividad. Este tema se impactó con temas de comunicación y preparación de la actividad.



Ilustración 4: Línea de inserción de tableros.

En segundo lugar, tenemos el Set up de cambio de platos. Este es un proceso que se realiza de acuerdo con el programa de producción. El proceso de ciclo corto 2, cuenta con 4 texturas diferentes, para generar el acabado final del producto (ilustración 5, formato de plato que se inserta a la prensa y genera diferentes texturas); en este caso tenemos textura Soft, Textone, Rustik y madera, además de esto se laminan en 2 referencias, 1.83 m x 2.44 m y 2.15 m x 2.44 m.



Ilustración 5: Plato, lamina que da la textura al tablero laminado.

Para las texturas Textone y Rustik se tienen 2 referencias de plato, uno para el formato 1.83 m x 2.44m y otro para 2.15 m x 2.44, y para las texturas Madera y Soft, se utiliza el mismo plato para los dos formatos mencionados previamente; esto quiere decir que puede haber 6 tipos de cambio de platos.

Por otro lado, se menciona en la ilustración 6, los minutos perdidos por mes, por el cambio de platos (cambio de configuración/utillaje), y la tendencia de crecimiento que está teniendo históricamente desde el año 2020.

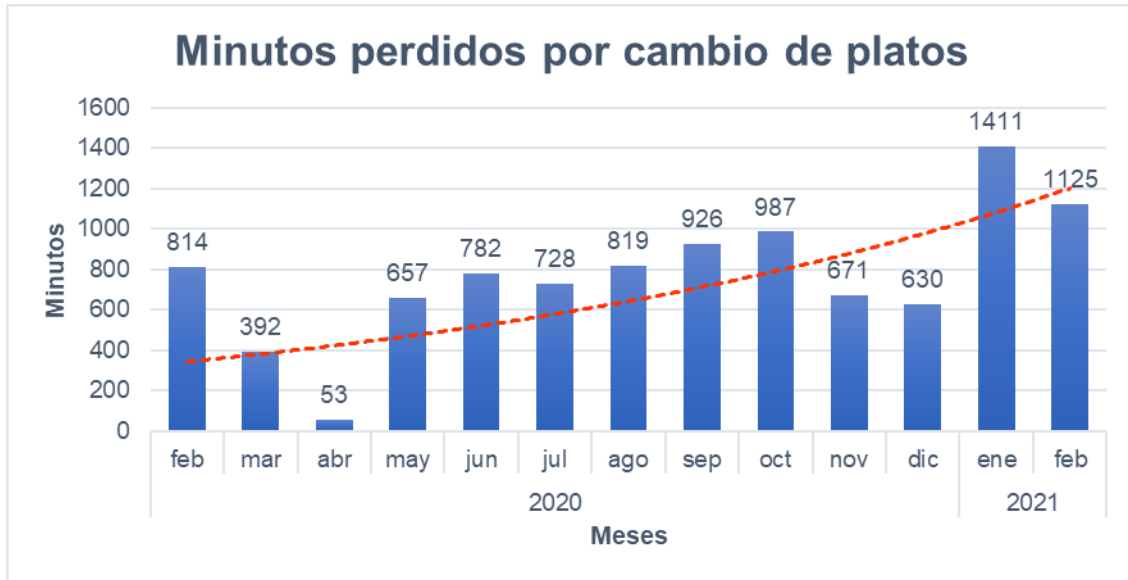


Ilustración 6: minutos perdidos por cambio de plato.

La tendencia de minutos perdidos está ligado al aumento de cambio de referencias por mes, como lo muestra la ilustración 7, puesto que, el tiempo de cambio de platos es de 30 a 35 minutos; tiempo que es designado y compartido entre los colaboradores según tiempos históricos. Esta tarea de tiempos es asignada a los trabajadores, asumiendo que son conscientes y pondrán todo de su parte para terminar el cambio de platos, lo antes posible.

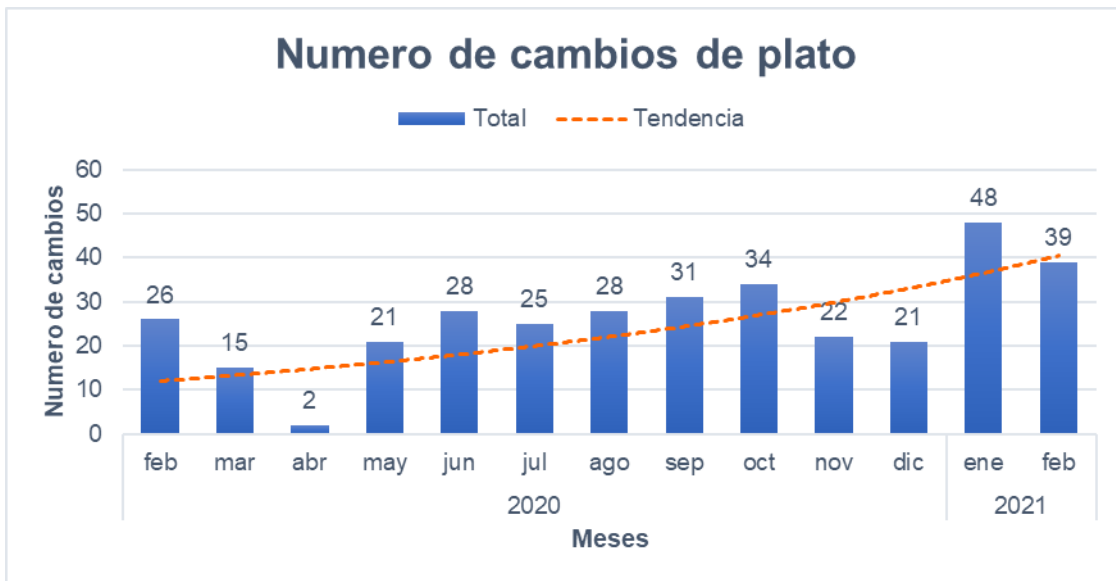


Ilustración 7: Numero de cambio de platos por mes.

Por último, en tercer lugar, se encuentra el modo de falla “cambio de tablero”, esto se da cuando el lote de tablero no cuenta con las especificaciones requeridas en el proceso, como son descalibre del tablero, porosidad e incluso humedad relativa. Este lote de tableros es retirado de la línea y si ingresa un nuevo lote, he aquí donde se suma a tiempos perdidos por cambio de

tablero. Este modo de falla va ligado a las pruebas de calidad de proceso independiente del proceso de ciclo corto 2, por lo que, no se abarca en este estudio.

Como es mencionado previamente, los modos de falla que está en primer y tercer lugar, en el diagrama de Pareto (ilustración 3), no se intervienen en este estudio, por argumentos mencionados. Como resultado de la revisión previa, se decide intervenir el proceso de cambio de platos, utilizando una metodología de Lean Manufacturing, que impacta de manera drástica en la reducción de tiempos de preparación, llamada SMED; metodología que según Shigeo Shingo, tiene el objetivo de realizar un cambio de molde/utillaje en menos de 10 minutos.

6.3 Tercera etapa, estandarización del proceso.

Luego de disponer horas en campo, se enlistan las actividades, se organizan y se muestran en la tabla 3. Esta dispone de 49 actividades, de manera desglosada y eficiente para realizar la toma de tiempos.

LISTA DE ACTIVIDADES PARA CAMBIO DE PLATOS	
Operación: Cambio de platos	
Fecha: 25 de febrero de 2021	
Realizado por: Diego Rodríguez	
#	Actividades
1	Poner en modo manual la prensa
2	Desplegar brazo de carro de ventosas
3	Tomar Plato inferior
4	Retirar plato inferior hasta vía de rodillos en carro de ventosas
5	Soltar plato de brazo de ventosas
6	Contraer brazos de carro de ventosas
7	Ingresar polipasto y tomar el plato inferior
8	Elevar polipasto y colocar eslingas
9	Retirar polipasto hacia plataforma
10	Quitar eslingas y descargar plato inferior
11	Cubrir plato inferior con cartón
12	Desplegar brazo de carro de ventosas
13	Esperar montacargas para despejar plataforma plato que sale
14	Montacargas despeja plataforma para el plato que sale
15	Ingresar carro de ventosas hasta la prensa
16	Descargar plato superior
17	Retirar plato superior hasta vía de rodillos en carro de ventosas
18	Ingresar polipasto y tomar el plato superior
19	Elevar polipasto y colocar eslingas
20	Retirar polipasto hacia plataforma
21	Quitar eslingas y descargar plato superior
22	Elevar polipasto para ingreso montacargas
23	cubrir plato superior con cartón
24	Esperar montacargas para despejar plataforma plato ingresar
25	Montacargas despeja plataforma de plato a ingresar
26	Quito cartones que cubren plato superior a ingresar
27	Bajar polipasto que esta en altura para toma de plato superior
28	Tomo plato superior con polipasto, elevo y coloco eslingas
29	Ingreso polipasto con plato superior hacia carro de ventosas
30	Quito cartones que cubren plato inferior a ingresar
31	Quitar eslingas y descargar plato superior
32	Retiro polipasto hacia plataforma
33	Alineo Plato superior en carro de ventosas
34	Ingreso plato superior hasta prensa en carro de ventosas
35	Asegurar plato superior
36	Retirar carro de ventosas hasta vía de rodillos
37	Contraer brazos de carro de ventosas
38	Tomo plato inferior con polipasto, elevo y coloco eslingas
39	Ingreso polipasto con plato inferior a carro de ventosas
40	Quitar eslingas y descargar plato inferior
41	Retiro polipasto hacia plataforma
42	Alineo plato inferior
43	Desplegar brazo de carro de ventosas
44	Ingreso plato inferior hasta prensa en carro ventosas
45	Aseguro plato inferior
46	Contraer brazos de carro de ventosas
47	Ajustar parámetros de la prensa
48	Limpiar platos
49	Organización de plataforma con montacargas

Tabla 3: lista de actividades cambio de platos.

Luego de tener todas las actividades enlistadas y organizadas, se realiza la estandarización de los tiempos observados, que fueron tomados por horas invertidas en campo y por medio de grabaciones de video. Para esta estandarización, se tuvo en cuenta información suministrada por Kanawaty; mencionados en la 4 y 5, además de las fórmulas requeridas para dichos cálculos (ecuación 1 y 2).

Por un lado, tenemos las fórmulas y tablas referentes a la valoración del ritmo, para este caso, la evaluación objetiva por parte de analista es de una puntuación de 100, esto se debe a que las observaciones se realizaron con personal capacitado, además de esto, varias actividades dependían de la prensa, que de por si sus tiempos de movimientos son estándares.

$$Tiempo\ observado * \left(\frac{Valor\ atribuido}{valor\ tipo} \right) = constante$$

Ecuación 1: Ecuación para la valoración del ritmo según (Kanawaty, 1996).

Cuadro 17. Ejemplos de ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración

Escalas				Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable ¹	
60-80	75-100	100-133	0-100 (norma británica)		(mi/h)	(km/h)
80	100	133	100 (Ritmo tipo)	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	4	6,4

Tabla 4: valoración del ritmo según (Kanawaty, 1996).

Para el caso de la evaluación de los suplementos cargados a la operación cambio de platos, están por debajo, de 10 puntos por actividad, dada las condiciones adecuadas y poca frecuencia de cambios, que actualmente se realiza, 2 cambio de platos por día, esto quiere decir que, por turno puede haber o no un cambio de platos (configuración/utillaje).

$$Tiempo\ estandar = \left(\frac{Tiempo\ observado}{1 - suplementos} \right)$$

Ecuación 2: ecuación para el tiempo estándar según (Kanawaty, 1996)

Los suplementos según la tabla 5, están ligados más estrictamente a procesos repetitivos, frecuentes; que, para el caso de cambio de platos, no se aplica de manera rigurosa; puesto que gran parte de las actividades son realizadas directamente, o con la prensa en sí, o con ayuda mecánica, como lo es el polipasto.

Tabla I. Puntos asignados a las diversas tensiones: resumen

Tipo de tensión	Grado		
	Bajo	Mediano	Alto
A. Tensión física provocada por la naturaleza del trabajo			
1. Fuerza ejercida en promedio	0-85	0-113	0-149
2. Postura	0-5	6-11	12-16
3. Vibraciones	0-4	5-10	11-15
4. Ciclo breve	0-3	4-6	7-10
5. Ropa molesta	0-4	5-12	13-20
B. Tensión mental			
1. Concentración o ansiedad	0-4	5-10	11-16
2. Monotonía	0-2	3-7	8-10
3. Tensión visual	0-5	6-11	12-20
4. Ruido	0-2	3-7	8-10
C. Tensión física o mental provocada por la naturaleza de las condiciones de trabajo			
1. Temperatura			
Humedad baja	0-5	6-11	12-16
Humedad mediana	0-5	6-14	15-26
Humedad alta	0-6	7-17	18-36
2. Ventilación	0-3	4-9	10-15
3. Emanaciones de gases	0-3	4-8	9-12
4. Polvo	0-3	4-8	9-12
5. Suciedad	0-2	3-6	7-10
6. Presencia de agua	0-2	3-6	7-10

Tabla 5: Tabla de suplementos (Kanawaty, 1996).

Tabla V. Porcentaje de suplemento por descanso según el total de puntos atribuidos

Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0	10	10	10	10	10	10	11	11	11

Ilustración 8: Puntuación de suplementos (Kanawaty, 1996).

Dada las condiciones mencionadas, según (Kanawaty, 1996), estipula en su tabla de puntuación (ilustración 8), que, si la suma de suplementos es menor que 10 unidades, el suplemento relacionado y cargado al tiempo observado es del 10%; es así como se aplica en la tabla 6, primero se le calculo el tiempo básico de acuerdo con la valoración del ritmo antes mencionado (ecuación 1), luego de tener el tiempo básico, se le suma el 10% de suplementos (ecuación 2), para calcular el tiempo estándar.

PROCESO DE CAMBIO DE PLATOS EN PARALELO ACTUAL												
Operación: Cambio de platos												
Fecha: 25 de febrero de 2021												
Realizado por: Diego Rodríguez												
#	Actividades	V.	T.O.	T.B.	T.T.	Actividad en paralelo	V.	T.O.	T.B.	T.T.		
1	Poner en modo manual la prensa	100	30	30	33							
2	Desplegar brazo de carro de ventosas	100	10	10	11							
3	Tomar Plato inferior	100	16	16	17,6							
4	Retirar plato inferior hasta vía de rodillos en carro de ventosas	100	34	34	37,4							
5	Soltar plato de brazo de ventosas	100	11	11	12,1							
6	Contraer brazos de carro de ventosas	100	21	21	23,1							
7	Esperar montacargas para despejar plataforma plato que sale	100	60	60	66							
8	Montacargas despeja plataforma para el plato que sale	100	30	30	33							
9	Ingresar polipasto y tomar el plato inferior	100	60	60	66							
10	Elevar polipasto y colocar eslingas	100	18	18	19,8							
11	Retirar polipasto hacia plataforma	100	45	45	49,5							
12	Desplegar brazo de carro de ventosas	100	11	11	12,1	Quitar eslingas y descargar plato inferior	100	43	43	47,3		
13	Ingresar carro de ventosas hasta la prensa	100	35	35	38,5	Cubrir plato inferior con cartón	100	30	30	33		
14	Descargar plato superior	100	13	13	14,3							
15	Retirar plato superior hasta vía de rodillos en carro de ventosas	100	34	34	37,4							
16	Ingresar polipasto y tomar el plato superior	100	56	56	61,6							
17	Elevar polipasto y colocar eslingas	100	21	21	23,1							
18	Retirar polipasto hacia plataforma	100	33	33	36,3							
19	Quitar eslingas y descargar plato superior	100	14	14	15,4							
20	Elevar polipasto para ingreso montacargas	100	14	14	15,4	cubrir plato superior con cartón	100	40	40	44		
21	Esperar montacargas para despejar plataforma plato ingresar	100	60	60	66							
22	Montacargas despeja plataforma de plato a ingresar	100	84	84	92,4							
23	Quito cartones que cubren plato superior a ingresar	100	15	15	16,5							
24	Bajar polipasto que esta en altura para toma de plato superior	100	18	18	19,8							
25	Tomar plato superior con polipasto, elevo y coloco eslingas	100	28	28	30,8							
26	Ingreso polipasto con plato superior hacia carro de ventosas	100	47	47	51,7	Quito cartones que cubren plato inferior a ingresar	100	14	14	15,4		
27	Quitar eslingas y descargar plato superior	100	16	16	17,6							
28	Retiro polipasto hacia plataforma	100	45	45	49,5							
29	Alinee Plato superior en carro de ventosas	100	16	16	17,6							
30	Ingreso plato superior hasta prensa en carro de ventosas	100	34	34	37,4							
31	Asegurar plato superior	100	30	30	33							
32	Retirar carro de ventosas hasta vía de rodillos	100	34	34	37,4							
33	Contraer brazos de carro de ventosas	100	21	21	23,1	Tomo plato inferior con polipasto, elevo y coloco eslingas	100	20	20	22		
34	Ingreso polipasto con plato inferior a carro de ventosas	100	48	48	52,8							
35	Quitar eslingas y descargar plato inferior	100	17	17	18,7							
36	Retiro polipasto hacia plataforma	100	43	43	47,3							
37	Alinee plato inferior	100	20	20	22							
38	Desplegar brazo de carro de ventosas	100	11	11	12,1							
39	Ingreso plato inferior hasta prensa en carro ventosas	100	34	34	37,4							
40	Aseguro plato Inferior	100	28	28	30,8							
41	Contraer brazos de carro de ventosas	100	21	21	23,1							
42	Ajustar parámetros de la prensa	100	75	75	82,5	Organización de plataforma con montacargas	100	30	30	33		
43	Limpiar platos	100	122	122	134,2							
		T.O.		T.T.								
Tiempo observado en segundos		1433		1576								
Tiempo observado en minutos		23,9		26,3								

Nota: V. = Valoración ritmo; T.O. = Tiempo observado; T.B. = Tiempo basico; T.T. = Tiempo tipo

Tabla 6: Tiempos estándar para el proceso de cambio de platos.

Por medio de la tabla 6, podemos concluir que el tiempo estándar para la realización del proceso cambio de platos es de 26 minutos vs los 30 minutos registrados históricamente por los operarios: esta diferencia de tiempo se puede dar por varias razones; la primera corresponde a la capacitación o falta de habilidad de algunos auxiliares del proceso; la segunda razón corresponde a la falta de personal, para dicho proceso, debido a la utilización de los auxiliares en otro proceso; y por último, es referente a la idea errónea de que el tiempo estándar esta entre 30 y 35, causando que las actividades se alarguen y su tiempo sea mucho mayor.

6.4 Cuarta etapa, implementación de la metodología SMED.

Esta etapa inicia con una fase preliminar según Shigeo Shingo, que consta de mostrar las actividades que se realizan en el cambio de platos (molde/utillaje) que ya son mencionadas en la tabla 3.

Actualmente no se tiene diferenciación de cuales actividades son externas y cuales son internas (tabla 7).

LISTA DE ACTIVIDADES SEPARADAS PARA CAMBIO DE PLATOS				
Operación: Cambio de platos				
Fecha: 25 de febrero de 2021				
Realizado por: Diego Rodríguez				
#	Actividades	Actual		Observación
		INT.	EXT.	
1	Poner en modo manual la prensa	x		
2	Desplegar brazo de carro de ventosas	x		
3	Tomar Plato inferior	x		
4	Retirar plato inferior hasta vía de rodillos en carro de ventosas	x		
5	Soltar plato de brazo de ventosas	x		
6	Contraer brazos de carro de ventosas	x		
7	Ingresar polipasto y tomar el plato inferior	x		
8	Elevar polipasto y colocar eslingas	x		
9	Retirar polipasto hacia plataforma	x		
10	Quitar eslingas y descargar plato inferior	x		
11	Cubrir plato inferior con cartón	x		
12	Desplegar brazo de carro de ventosas	x		
13	Esperar montacargas para despejar plataforma plato que sale	x		Se debe eliminar
14	Montacargas despeja plataforma para el plato que sale	x		Gran numero de veces se hace con prensa parada
15	Ingresar carro de ventosas hasta la prensa	x		
16	Descargar plato superior	x		
17	Retirar plato superior hasta vía de rodillos en carro de ventosas	x		
18	Ingresar polipasto y tomar el plato superior	x		Se puede ingresar en paralelo con movimientos de prensa
19	Elevar polipasto y colocar eslingas	x		
20	Retirar polipasto hacia plataforma	x		Entre mas alta este la plataforma, mas corto es el recorrido
21	Quitar eslingas y descargar plato superior	x		
22	Elevar polipasto para ingreso montacargas	x		
23	cubrir plato superior con cartón	x		
24	Esperar montacargas para despejar plataforma plato ingresar	x		Actividad se debe eliminar
25	Montacargas despeja plataforma de plato a ingresar	x		Actividad se puede reducir con organización de plataforma
26	Quito cartones que cubren plato superior a ingresar	x		
27	Bajar polipasto que esta en altura para toma de plato superior	x		Con organización de plataforma, menor es el movimiento
28	Tomo plato superior con polipasto, elevo y coloco eslingas	x		
29	Ingreso polipasto con plato superior hacia carro de ventosas	x		
30	Quito cartones que cubren plato inferior a ingresar	x		
31	Quitar eslingas y descargar plato superior	x		
32	Retiro polipasto hacia plataforma	x		Con organización de plataforma, menor es el movimiento
33	Alineo Plato superior en carro de ventosas	x		Se pueden poner guías de caucho laterales
34	Ingreso plato superior hasta prensa en carro de ventosas	x		
35	Asegurar plato superior	x		
36	Retirar carro de ventosas hasta vía de rodillos	x		
37	Contraer brazos de carro de ventosas	x		
38	Tomo plato inferior con polipasto, elevo y coloco eslingas	x		
39	Ingreso polipasto con plato inferior a carro de ventosas	x		
40	Quitar eslingas y descargar plato inferior	x		
41	Retiro polipasto hacia plataforma	x		
42	Alineo plato inferior	x		
43	Desplegar brazo de carro de ventosas	x		
44	Ingreso plato inferior hasta prensa en carro ventosas	x		
45	Aseguro plato Inferior	x		
46	Contraer brazos de carro de ventosas	x		
47	Ajustar parámetros de la prensa	x		
48	Limpiar platos	x		Se realiza con 3 tableros
49	Organización de plataforma con montacargas		x	

Tabla 7: actividades internas y externas del proceso cambio de platos.

La operación de cambio de platos es realizada por 4 o 5 operarios máximo. Se utilizan 5 personas cuando solo se tiene la actividad de cambio de platos por realizar y se utilizan 4 personas, cuando se realizan actividades paralelas, como cambios de estibas de papel o el personal es nuevo y no está capacitado para la función. Cabe precisar que, si la actividad se realiza con menos de 4 o más de 5, no es eficiente el cambio de platos (molde/utillaje).

En la fase dos de la metodología, se evalúa el proceso y se separan las actividades internas de las externas, que en la actualidad son consideradas o que indistintamente son realizadas, sin la precisión de ser una actividad OED o IED.

De la tabla 7, se concluye, que por parte de los operarios no se conoce la clasificación de las actividades. La actividad 49, está en configuración externa, puesto que se puede realizar después, sin interrumpir el inicio del proceso, no porque así este clasificado. También observamos que la mayor parte de las actividades, para el cambio de platos se realizan de forma interna (con la prensa parada); esto se debe a temas de preparación, orden y/o organización para el cambio de platos. La actividad 14, que es “montacargas despeja plataforma para el plato que sale”, en algunos momentos de observación para el estudio, se observó que la prensa ya estaba parada y estaban a la espera de que el montacargas despejara la plataforma para depositar el plato que salía; actividad que se mejora y se realiza de forma externa.

Actividades como la 13 y la 24, de la tabla 7, “esperar montacargas para despejar plataforma del plato”; esta actividad se da cuando se retiran los 2 platos de la prensa, y se requiere ingresar los nuevos platos, puesto que el manejo de las plataformas donde se almacenan los platos se realizan movimientos netamente con montacargas, se debe retirar la estructura de los platos innecesarios y dejar al descubierto el plato requerido, para ser tomado por el polipasto e ingresarlos a la prensa.

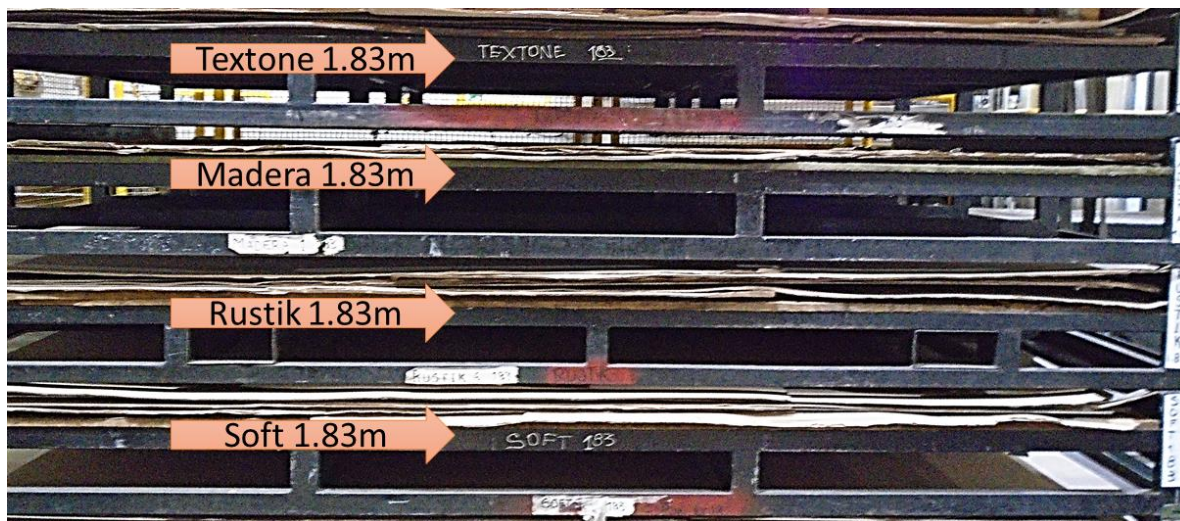


Ilustración 9: estructura de almacenaje de platos.

Es decir, si el plato que está en la prensa es textura madera 1.83m, con anterioridad se debe haber retirado la estructura del textone 1.83m, con el fin de poder depositar los platos de textura madera que serán cambiados, que en este caso serán por los platos soft 1.83m. En el momento que se deposita el plato superior e inferior en la plataforma o estructura, el montacargas sube la

estructura textone 1.83m que estaba en el piso y luego baja la estructura desde Rustik, para despejar la estructura de soft 1.83 que va a ingresar a la prensa (ilustración 8).

Para la actividad 48, según la tabla 7, la actividad de limpieza de platos se puede reducir a 2 tableros de prueba, e incluso a uno, con un aumento de ciclo considerable de 15 o 18 segundos, para evitar el aumento de tripladas (mudas/desperdicio).

Después de aplicar la metodología SMED y la realización de actividades en paralelo, se eliminaron 2 actividades de espera que no agrega valor al proceso, estas actividades son las esperas de montacargas para realizar movimientos (actividad 13 y 24), en la tabla 8, las actividades de espera tienen un valor promedio, debido a que, en los momentos de observación del estudio, los tiempos podían ser relativamente altos y otros tiempos moderados. Por otro lado, la actividad 14, tabla 8 “el montacargas despeja la plataforma/estructura, para depositar el plato que sale de prensa, se realiza de forma externa, o en el caso de disponibilidad de montacargas se puede hacer en paralelo con la actividad de poner en modo manual la prensa.

Las actividades 7 y 18 tabla 8, se estructuran y se separa en 2, esto se debe a que el polipasto puede ingresar a la vía de rodillo con la altura necesaria, al tiempo de la realización la actividad 2 (desplegar brazo de carro de ventosas), ganando tiempo de desplazamiento, garantizando que el polipasto no choque con el carro de ventosas (ilustración 10).

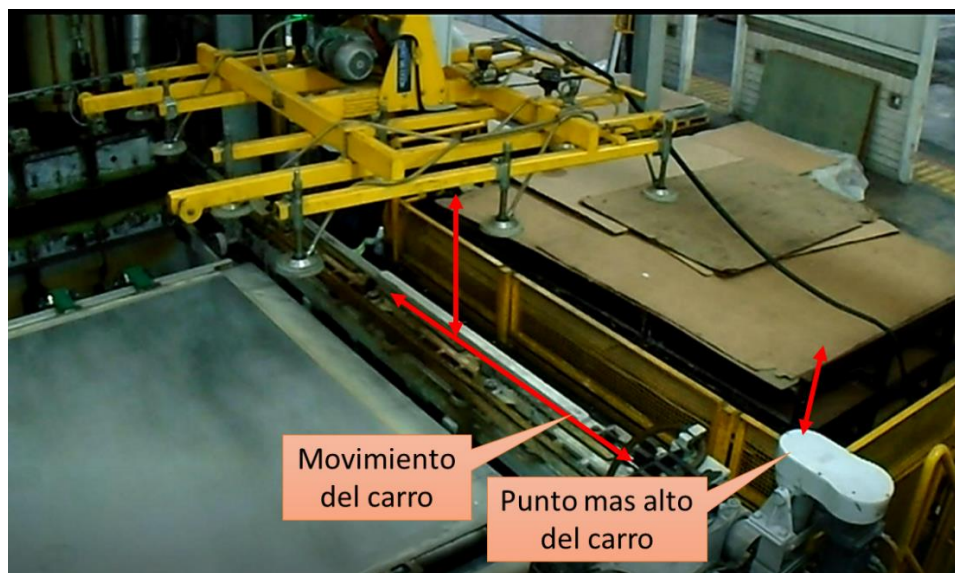


Ilustración 10: carro de ventosas vs polipasto.

Es decir, el carro de ventosas tiene un movimiento como se muestra en la ilustración 10, de manera perpendicular al polipasto; como el polipasto tiene una altura mayor al punto más alto del carro, este puede ingresar, de manera guiada, a su altura mayor sin tener que esperar que el carro de ventosas haya salido o entrado de manera completa en cualquiera de estas posiciones, ganando un 60% del tiempo utilizado para el ingreso. Cabe aclarar que este movimiento si y solo si, se puede realizar con polipasto vacío, esto solo sucede cuando ingresa las 2 veces para sacar los dos platos a cambiar; cuando el polipasto tiene suspendido el plato y

asegurado con las eslingas, no se puede realizar puesto que, la altura del polipasto disminuye y puede chocar con el carro de ventosas, incurriendo en un gran riesgo.

La actividad 25, de la tabla 8 se modifica, dado que hay un aumento de tiempo. Actualmente se tiene que organizar la plataforma para despejar estructura del plato que va a ingresar en el momento que esta la prensa parada para el cambio de molde/platos. Esta organización se hace previo al proceso de cambio de platos.

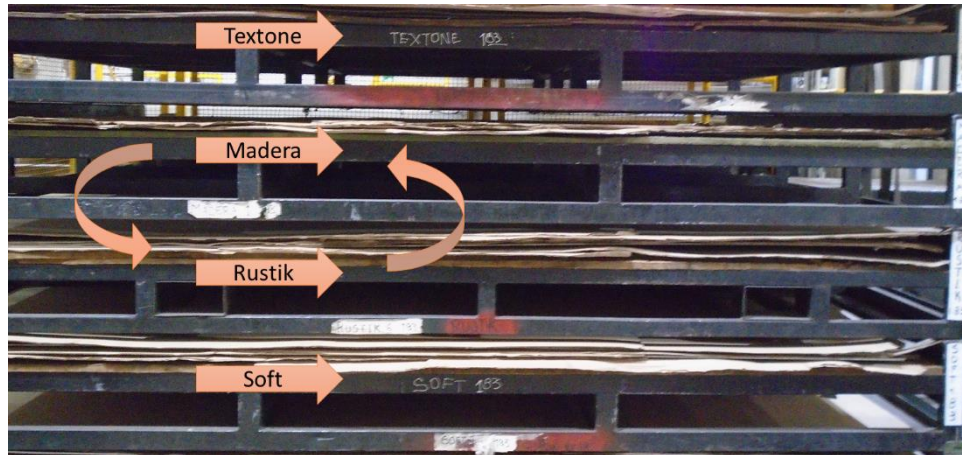


Ilustración 11: estructura de platos a organizar.

Para dar mayor claridad, tenemos la ilustración 11. Ejemplo: el plato que voy a retirar de la prensa es Textone y el que voy a ingresar es Rustik; el operario con antelación puede comunicarle al montacarguista que debe dejar en primera posición la estructura para depositar el plato de textura Textone y de forma consecutiva la estructura del plato a ingresar en este caso Rustik, como se evidencia en la ilustración 11.

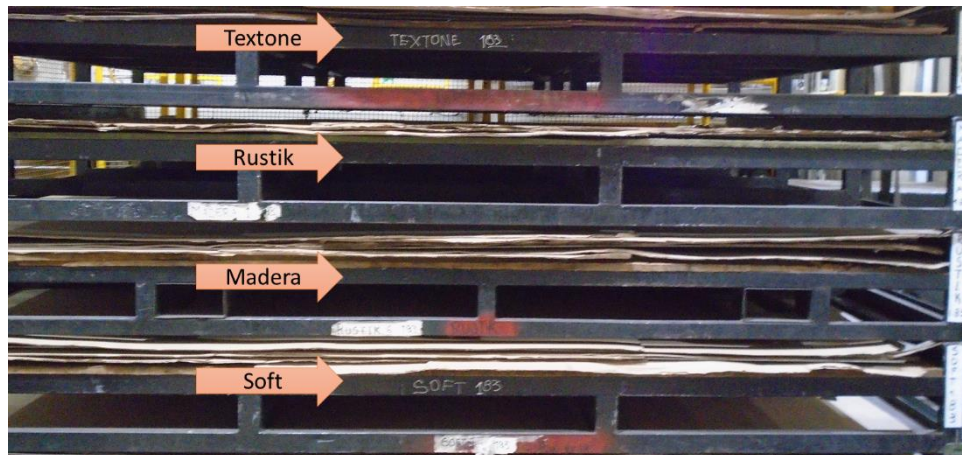


Ilustración 12: estructura organizada para cambio de platos.

Finalmente, la estructura queda como la ilustración 12, en primer lugar, la estructura del plato Textone y en segundo lugar la estructura del plato Rustik. Con esto se logra una reducción del 80% del tiempo requerida en la actividad de despejar plataforma/estructura, para el cambio de platos.

Por otro lado, la actividad 43 de la tabla 8, “limpiar platos”, se pasa de 3 tableros de prueba a 2 tableros, de la siguiente forma, el primer tablero se ingresa desnudo a la prensa, con el fin de no perder papel melaminico en el tablero de prueba, con un tiempo de ciclo alto alrededor de 15 segundos más un ciclo mecánico de 8 segundos, logrando limpiar en gran medida los platos e incluso de forma completa, el segundo tablero se ingresa con papel melaminico, con la opción de que pase por clasificador (calidad), esta situación puede ser satisfactoria en papeles melaminicos oscuros; reduciendo en gran medida el tiempo de ajuste de la prensa. En el caso que el segundo no pase por clasificador, el tercero pasa de manera satisfactoria por clasificador (calidad).

Luego de realizar todas las mejoras y optimización de las actividades se logra reducir el tiempo estándar.

Con la optimización de las actividades y reestructuración para algunas de ellas, se presenta nuevamente el estándar de tiempo logrado con las mejoras (tabla 9).

PROCESO DE CAMBIO DE PLATOS EN PARALELO PROPUESTO										
Operación: Cambio de platos										
Fecha: 10 de marzo de 2021										
Realizado por: Diego Rodríguez										
#	Actividades	V.	T.O.	T.B.	T.T.	Actividad en paralelo	V.	T.O.	T.B.	T.T.
1	Poner en modo manual la prensa	100	30	30	33	Ingresar polipasto a la altura maxima sobre carro ventosas	100	40	40	44
2	Desplegar brazo de carro de ventosas	100	10	10	11					
3	Tomar Plato inferior	100	16	16	17,6					
4	Retirar plato inferior hasta vía de rodillos en carro de ventosas	100	34	34	37,4					
5	Soltar plato de brazo de ventosas	100	11	11	12,1					
6	Contraer brazos de carro de ventosas	100	21	21	23,1					
7	Bajar polipasto de la altura maxima y tomar plato inferior	100	20	20	22					
8	Elevar polipasto y colocar eslingas	100	18	18	19,8					
9	Retirar polipasto hacia plataforma	100	45	45	49,5					
10	Desplegar brazo de carro de ventosas	100	11	11	12,1	Quitar eslingas y descargar plato inferior	100	28	28	30,8
11	Ingresar carro de ventosas hasta la prensa	100	35	35	38,5	Ingresar polipasto a la altura maxima sobre carro ventosas	100	40	40	44
12	Descargar plato superior	100	13	13	14,3	cubrir plato inferior con cartón	100	30	30	33
13	Retirar plato superior hasta vía de rodillos en carro de ventosas	100	34	34	37,4					
14	Bajar polipasto de la altura maxima y tomar plato superior	100	20	20	22					
15	Elevar polipasto y colocar eslingas	100	21	21	23,1					
16	Retirar polipasto hacia plataforma	100	33	33	36,3					
17	Quitar eslingas y descargar plato superior	100	14	14	15,4					
18	Elevar polipasto para ingreso montacargas	100	14	14	15,4	cubrir plato superior con cartón	100	40	40	44
19	Montacargas despeja plataforma de plato a ingresar	100	20	20	22					
20	Quito cartones que cubren plato superior a ingresar	100	15	15	16,5					
21	Bajar polipasto que esta en altura para toma de plato superior	100	18	18	19,8					
22	Tomo plato superior con polipasto, elevo y coloco eslingas	100	28	28	30,8					
23	Ingreso polipasto con plato superior hacia carro de ventosas	100	47	47	51,7	Quito cartones que cubren plato inferior a ingresar	100	14	14	15,4
24	Quitar eslingas y descargar plato superior	100	16	16	17,6					
25	Retiro polipasto hacia plataforma	100	45	45	49,5					
26	Alineo Plato superior en carro de ventosas	100	16	16	17,6					
27	Ingreso plato superior hasta prensa en carro de ventosas	100	34	34	37,4					
28	Asegurar plato superior	100	30	30	33					
29	Retirar carro de ventosas hasta vía de rodillos	100	34	34	37,4					
30	Contraer brazos de carro de ventosas	100	21	21	23,1	Tomo plato inferior con polipasto, elevo y coloco eslingas	100	20	20	22
31	Ingreso polipasto con plato inferior a carro de ventosas	100	48	48	52,8					
32	Quitar eslingas y descargar plato inferior	100	17	17	18,7					
33	Retiro polipasto hacia plataforma	100	43	43	47,3	Alineo plato inferior	100	20	20	22
34	Desplegar brazo de carro de ventosas	100	11	11	12,1					
35	Ingreso plato inferior hasta prensa en carro ventosas	100	34	34	37,4					
36	Aseguro plato Inferior	100	28	28	30,8					
37	Contraer brazos de carro de ventosas	100	21	21	23,1					
38	Ajustar parámetros de la prensa	100	50	50	55	Organización de plataforma con montacargas	100	30	30	33
39	Limpiar platos	100	50	50	55					

Tiempo observado en segundos	1026	1128,6
Tiempo observado en minutos	17,1	18,8

Nota: V.= Valoracion ritmo; T.O.= Tiempo observado; T.B.= Tiempo basico; T.T.= Tiempo tipo

Tabla 8: estándar optimizado del proceso de cambio de platos.

En comparación con el tiempo de cambio de platos que se realizaba. La optimización de actividades se logra con actividades en paralelo con su respectivo estándar de tiempo y el diagrama de actividades múltiples, logrando pasar por los 30 minutos reportados en el archivo notas de paro, a 26,2 minutos con a la estandarización de cada actividad, hasta los 18,8 minutos con la metodología SMED (ilustración13).

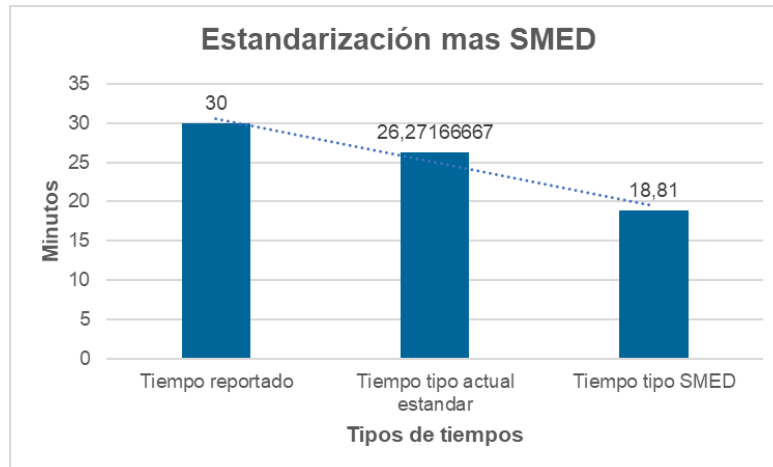


Ilustración 13: ganancia de tiempo por metodologías.

Con volver externas dos actividades, eliminación de actividades que no generaban valor y redefinir algunas actividades, logrando que se puedan realizar en paralelo, se logra una reducción de un 38% en los tiempos utilizados versus lo reportado, un 28% versus lo que realmente se demoran las actividades, en el proceso de cambio de platos.

Además de esto, se realiza el diagrama de actividades múltiples, con la cantidad mínima de personal (tabla 10). Como se había mencionado previamente, el número de personas para realizar la actividad es 4 o 5 personas, logrando el proceso de manera eficiente.

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES										
Operación: Cambio de platos										
Fecha: 10 de marzo de 2021										
Realizado por: Diego Rodríguez										
#	T [s]	Clasificador	T [s]	Operario CC2	T [s]	Auxiliar 1 costado de operación	T [s]	Auxiliar 2 al frente del costado de operación	T [s]	Montacargas
1										104
2	44	Ingresar polipasto a la altura máxima sobre carro ventosas	33	Poner en modo manual la prensa						Organizar y despejar plataforma/estructura
3			11	Desplegar brazo de carro de ventosas						
4			17,6	Tomar Plato inferior						
5			37,4	Retirar plato inferior hasta vía de rodillos en carro de ventosas						
6			12,1	Soltar plato de brazo de ventosas						
7			23,1	Contraer brazos de carro de ventosas						

Tabla 9: Diagrama de actividades múltiples.

Las cuatro personas, que realizan el cambio de platos, como se muestra en el diagrama de recorrido (ilustración 14), de los cuales son, un operario, que se encarga de todos los movimientos de la prensa, desde el control de mando; por otro lado está el clasificador, que se encarga de realizar los movimientos del polipasto, colocar eslingas y cartones que cubren los

platos; el auxiliar 1, que se encarga de guiar la bajada del polipasto hacia el carro de ventosas de la prensa, poner cartones que cubren plato, además de colocar o quitar eslingas; y por último el auxiliar 2, que se encarga de guiar la bajada del plato al carro de ventosas, alinear el plato, y colocar o quitar eslingas.

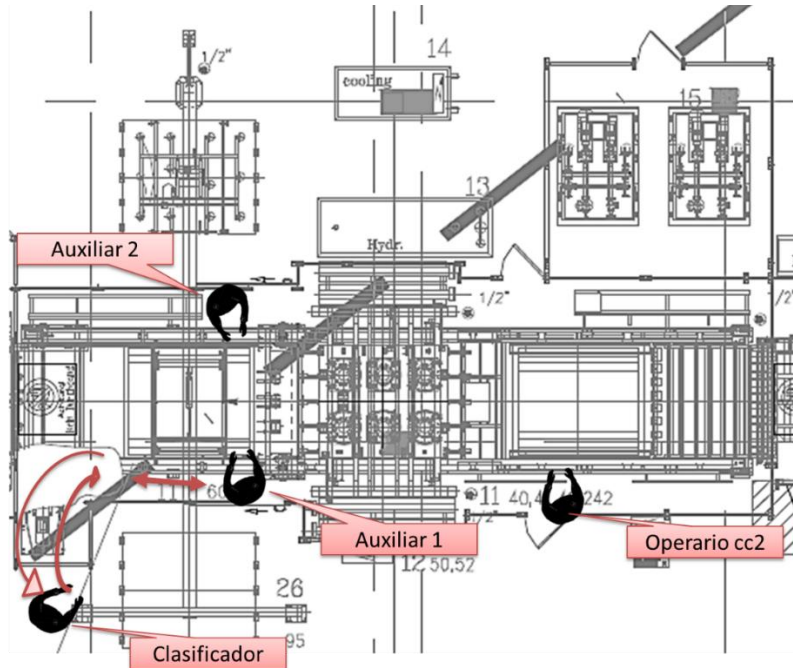


Ilustración 14: diagrama de recorrido y/o posicional de operadores.

El estudio nos da como resultado que el proceso de cambio de platos se puede realizar alrededor de 19 minutos, según el estándar planteado, y comparados con el estándar de tiempos realizado antes de la metodología SMED, podemos concluir una ganancia de 7.4 minutos por cambio de platos.

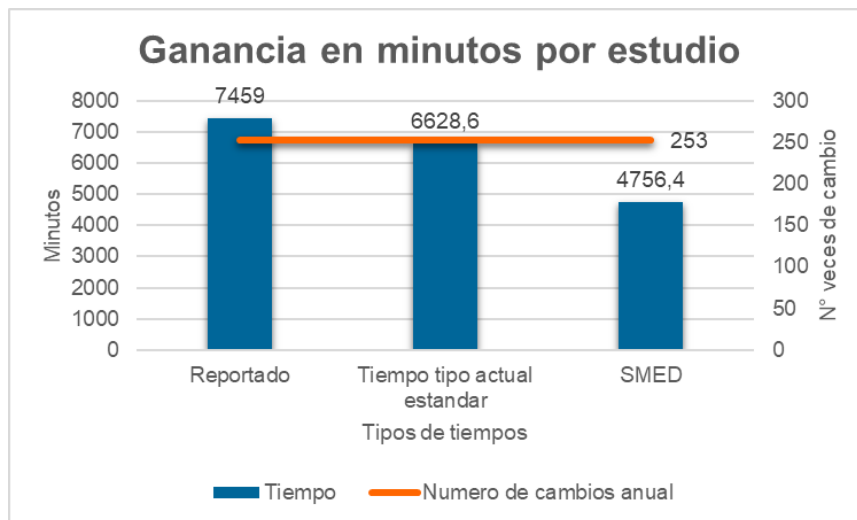


Ilustración 15: ahorro de tiempo por estudio.

De manera anual, teniendo en cuenta datos reales históricos, el año 2020 se realizaron 253 cambios de plato/utillaje, esto quiere decir que, con la aplicación del estudio, se puede reducir 831 minutos, solo con el estándar de tiempo, y 2703 minutos aproximadamente, con estándar de tiempos y metodología SMED.

7 Propuestas y recomendaciones

Se debe globalizar los ítems de cambio de plato a uno solo, como se puede evidenciar en la ilustración 16. Actualmente se desglosa el cambio de referencia por su nombre, lo cual hace que no sea representativo en un diagrama de Pareto; con el fin de saber si el cambio de plato es crítico o influye de forma contundente en los tiempos perdidos.

MODO DE FALLA	TIEMPO 1	MODO DE FALLA AJUSTADO	TIEMPO 2
2020	18962	2020	18962
SET UP - CAMBIO DE CALIBRE- SUSTRATO	7887	SET UP - CAMBIO DE CALIBRE- SUSTRATO	7887
→ SET UP - CAMBIO DE PLATO A SOFT	3261	→ SET UP - CAMBIO DE PLATO	7459
SET UP - CAMBIO DE TABLERO	2848	SET UP - CAMBIO DE TABLERO	2848
→ SET UP - CAMBIO DE PLATO A MADERA	1833	ENSAYOS CON TABLEROS	212
→ SET UP - CAMBIO DE PLATO A RUSTIK	1627	MESAS DE APILADO LLENAS	155
→ SET UP - CAMBIO DE PLATO A TEXTONE	738	ENSAYOS CON PAPEL	115
ENSAYOS CON TABLEROS	212	LIMPIEZA PLATOS 1.83 a 2.15	86
MESAS DE APILADO LLENAS	155	ARRANQUE DE MÁQUINA	80
ENSAYOS CON PAPEL	115	FALTA DE PERSONAL	40
LIMPIEZA PLATOS 1.83 a 2.15	86	CAMBIO DE FORMATO 183 A 215	30
ARRANQUE DE MÁQUINA	80	ALIMENTACION DE PERSONAL	30
FALTA DE PERSONAL	40	FALTA DE MONTACARGA	20
CAMBIO DE FORMATO 183 A 215	30	2021	4973
ALIMENTACION DE PERSONAL	30	SET UP - CAMBIO DE PLATO	2536
FALTA DE MONTACARGA	20	SET UP - CAMBIO DE CALIBRE- SUSTRATO	2296
		LIMPIEZA PLATOS 1.83 a 2.15	141

Ilustración 16: propuesta de reporte para cambio de platos.

Se debe validar la manera de elevar la viga que soporta el polipasto con el fin de poder realizar el movimiento de entrada del plato con el polipasto al tiempo del movimiento del carro de ventosas, sin generar riesgos.

Se recomienda realizar preparación de cambio de platos, para evitar que el personal cruce por encima de la vía de rodillos, para la ubicación del auxiliar al lado opuesto de operación, cuando se va a realizar el cambio de platos; evitando riegos laborales, dado que no es una superficie adecuada para tal tránsito.

Se recomienda alargar el control del polipasto, para mejorar el movimiento natural del auxiliar que lo utiliza, logrando un movimiento más fluido, sin necesidad de hacer maniobras, dado lo corto del cable que conecta al control del polipasto.

Capacitar a todos los auxiliares, como zunchadores, para el apoyo de la actividad, cuando se requiera y así cumplir con el número de personas necesarias, sin afectar otros procesos que se realicen al tiempo.

8 Conclusiones

La fase inicial del estudio, en la cual se realizó el diagnóstico, permite una identificación y focalización del trabajo, evidenciando las necesidades y logrando el reconocimiento de los procesos de la empresa, facilitando caracterizar cada proceso (actividad) y así realizar adecuadamente el estudio de tiempos.

A lo largo del desarrollo del proceso, se identificó que el proceso de cambio de platos no estaba estandarizado, que faltaba planeación y preparación en ocasiones que se realizaba la observación del proceso, dando como resultado altos tiempos de preparación (cambio de platos). Partiendo de la problemática anterior, se opta por realizar un estudio de métodos y tiempos acompañado de la metodología SMED, para lograr reducir los tiempos de preparación y así tener más disponibilidad del equipo, aumenta a su vez la productividad del proceso.

El estándar de tiempo inicial fue fundamental para identificar, el tiempo requerido para realizar la actividad de cambio de platos, que a diferencia de lo reportado está en un 28% por debajo. Esto nos da soporte para concluir que cada actividad que constituye el cambio de platos se estaba demorando por encima del tiempo estándar, perdiendo disponibilidad y productividad en el proceso de laminación planta Barbosa.

Luego de aplicar la metodología SMED, se logra aumentar la disponibilidad del equipo y a su vez la productividad en un 38% en el tiempo de cambio de platos; es decir, se pasó 30 minutos reportados a 18,8 minutos estándar. Es de precisar que la aplicación de la metodología SMED, se realizó con solo método, rediseñando las actividades y generando actividades en paralelo, puesto que las modificaciones en equipo requerían inversión y el tiempo de aprobación superaba el tiempo de estudio.

Con el estándar de tiempo y el diagrama de actividades múltiples, le permite a la empresa capacitar y divulgar a los operarios, las actividades asignadas a cada persona en el proceso, ligado al tiempo estándar de cada actividad. Esto le da una visión al ingeniero encargado del proceso, de estar analizando los tiempos reportados en las plantillas de notas de paro, si cumplen con los objetivos propuestos y así observar a futuro el aumento de la disponibilidad del equipo y a su vez la productividad.

El estudio impacta de manera significativa los tiempos de preparación, como se menciona de manera previa en el estudio, comparado con el reporte real del año 2020, se obtendría una reducción del 38% por cada cambio de plato; esto se traduce en \$600 millones de pesos anuales de ahorro monetario que obtendría la empresa por pasar de 30 minutos por cambio de platos a 19 minutos aproximadamente.

9 Bibliografía

- Escofet, C. R. (2019). *Teorema del límite central*. Catalunya: Universitat Oberta de Catalunya.
- Bacci, M., Sugai, M., & Novaski, O. (07 a 09 de Novembro de 2005). Proposta de modelo de tomada de decisão para aplicação da. *Simpósio de Engenharia de Produção*, 11.
- Fedemaderas. (Junio de 2018). La ruta para la productividad. (F. N. Madera, Ed.) *Fedemaderas*.
- Ghobadian, A., Talavera, I., Bhattacharya, A., Kumar, V., Garza - Reyes, J. A., & O'Regan, N. (2020). Examining legitimatisation of additive manufacturing in the interplay between innovation, lean manufacturing and sustainability. *International Journal of Production*, 12.
- Guilherme Satolo, E., & Araújo Calarge, F. (02 de Julho de 2008). Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais. *Exacta*, 6, 15.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Organización Internacional del trabajo.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor* (Octava edición ed.). (M. d. Carril Villarreal, Trad.) México: Person Education.
- Meyers, F. E. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil* (Segunda edición ed.). México: Pearson Educación.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Dupdécima ed.). Ciudad de México, México: The Mc Graw Hill companies.
- Pineda, J. A. (2005). *ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE PISO DE GRANITO EN LA FABRICA CASA BLANCA S.A.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Quevedo Ricardi, F. (Marzo de 2011). Medidas de tendencia central y dispersión. *Medwave*, 6.
- Render, B., & Heizer, J. (2007). *Administración de la producción*. México: Pearson Educación.
- Rodríguez Casas, D. C. (2005). *estandarización y documentación técnica de los procesos de la planta de producción de KOKORIKO ARKA S.A.* Bogotá D.C.: Universidad de la Salle.
- Rosa, C., Silva, F., Pinto Ferreira, L., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Manufacturing Engineering Society International Conference* (pág. 9). Pontevedra: Elsevier.
- Salazar López, B. (28 de Junio de 2019). *Suplementos del estudio de tiempos*. Obtenido de Ingeniería industrial online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/>
- Salazar López, B. (26 de Junio de 2019). *Valoración del ritmo de trabajo*. Recuperado el 2021, de Ingeniería industrial online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/valoracion-del-ritmo-de-trabajo/>
- Sayer, N. J., & Williams, B. (2007). *Lean For Dummies*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Shingo, S. (1985). *A revolution in Manufacturing: The SMED System*. (A. P. Dillon, Trad.) Tokyo: Productivity Press.

Socconini, L., & Reato, C. (2018). *Lean Six Sigma*. Barcelona: Marge Books.

Tafolla, H. (2014). Estandarización y Globalización. *Segmento*, 4.