

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA EL CAMBIO DE BOBINA
DE SEMIELABORADO EN UNA MAQUINA REBOBINADORA DE PAPEL
HIGIÉNICO EN LA EMPRESA PAPELES NACIONALES S.A.**

**LAURA JULIANA ROJAS CASTRO
CARLOS ALBERTO CORTEZ FERREIRA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA IDUSTRIAL
PEREIRA**

2014

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA EL CAMBIO DE BOBINA
DE SEMIELABORADO EN UNA MAQUINA REBOBINADORA DE PAPEL
HIGIÉNICO EN LA EMPRESA PAPELES NACIONALES S.A.**

**LAURA JULIANA ROJAS CASTRO
CARLOS ALBERTO CORTEZ FERREIRA**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniería Industrial

Director

**JORGE HERNÁN RESTREPO CORREA
MSc. Investigación de Operaciones y Producción**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PEREIRA**

2014

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Pereira, Noviembre de 2014

DEDICATORIA

*Al esfuerzo y dedicación de nuestra familia
cuyo apoyo incondicional fue fundamental
para alcanzar esta meta y a todas las
personas que de alguna manera
hicieron parte de este proceso.*

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Papeles Nacionales S.A. por permitirnos un espacio de desarrollo profesional y brindarnos el apoyo necesario para la realización de este proyecto.

Al departamento de Ingeniería Industrial de la empresa Papeles Nacionales S.A. por el acompañamiento en la ejecución de este proyecto y en general durante el proceso práctica empresarial.

A la Universidad Tecnológica de Pereira por permitirnos hacer parte de su comunidad estudiantil y ser parte activa de nuestra formación integral.

Al Magister en Investigación de Operaciones y Producción Jorge Hernán Restrepo Correa por su dirección en cada etapa del proyecto y por su dedicación para guiarnos en la culminación de este.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
GLOSARIO	13
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1 PLANTEAMIENTO	18
1.2 FORMULACIÓN	19
1.3 SISTEMATIZACIÓN	19
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
3. JUSTIFICACION	23
4. MARCO DE REFERENCIA	25
4.1. MARCO TEÓRICO	25
4.1.1 LEAN MANUFACTURING.....	25
4.1.2 SMED (SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE)	28
4.1.3 DIVISIÓN DEL TRABAJO	30
4.1.4 OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY O EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS).....	32
4.2. MARCO CONCEPTUAL.....	37
4.3 MARCO ESPACIAL O SITUACIONAL	40
5. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	42
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
5.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	43
5.3 FUENTES PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	43
5.3.1 FUENTES PRIMARIAS	44

5.3.2 FUENTES SECUNDARIAS	44
5.4 TÉCNICAS EN LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	45
5.4.1 OBSERVACIÓN	45
5.4.2 ENTREVISTA	45
5.4.3 POBLACIÓN	46
5.4.4 MUESTRA	46
6. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	47
6.1 MISIÓN	47
6.2 VISIÓN	47
7. DESARROLLO METODOLÓGICO	48
7.1 ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO	48
7.2 EJECUCIÓN DEL PROYECTO	48
7.3 EVALUACIÓN DEL PROYECTO	49
8. DESARROLLO DEL PROYECTO	50
8.1 GRUPO DE TRABAJO	50
8.2 OBSERVACIONES OBTENIDAS	50
8.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	52
8.4 FASES DE IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA SMED	53
8.4.1 FASE 1: DIAGNÓSTICO, CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TIEMPOS QUE TOMA EL PROCESO DE CAMBIO DE BOBINA	53
8.4.2 FASE 2: IDENTIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE LAS ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS QUE FORMAN PARTE DEL PROCESO DE CAMBIO DE BOBINA	57
8.4.3 FASE 3: CONVERTIR LAS ACTIVIDADES INTERNAS EN EXTERNAS	59
8.4.4 FASE 4: REFINAR TODOS LOS ASPECTOS DE LA OPERACIÓN	60
8.4.5 FASE 5: ESTANDARIZAR EL NUEVO PROCEDIMIENTO DE CAMBIO DE BOBINA	62
9. RESULTADOS	67
9.1 AHORRO	67

9.1.1	CÁLCULO DE COSTOS FIJOS	67
9.2	AUMENTO DE PRODUCCIÓN	68
9.2.1	CÁLCULO PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN	68
10.	CONCLUSIONES	70
11.	RECOMENDACIONES.....	71
12.	BIBLIOGRAFIA	73
12.1.	LIBROS	73
12.2.	WEBSITES.....	74

LISTA DE TABLAS

pág.

TABLA 1. ACTIVIDADES NECESARIAS PARA REALIZAR EL CAMBIO DE BOBINA DE SEMIELABORADO	54
TABLA 2. DESPLAZAMIENTOS REALIZADOS POR EL OPERARIO EN UN CAMBIO DE BOBINA EN EL DESENROLLADOR 1	56
TABLA 3. DEPLAZAMIENTOS REALIZADOS POR EL AUXILIAR EN UN CAMBIO DE BOBINA EN EL DESENROLLADOR 1	56
TABLA 4. DESPLAZAMIENTOS REALIZADOS POR EL OPERARIO EN UN CAMBIO DE BOBINA EN EL DESENROLLADOR 2	57
TABLA 5. DESPLAZAMIENTOS REALIZADOS POR EL AUXILIAR EN UN CAMBIO DE BOBINA EN EL DESENROLLADOR 2	57
TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS EN EL PROCESO DE CAMBIO DE BOBINA.....	58

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
ILUSTRACIÓN 1. DIAGRAMA DE DESPLAZAMIENTOS REALIZADOS POR OPERARIO Y AUXILIAR DURANTE EL CAMBIO DE BOBINA EN LA REBOBINADORE DE PAPEL	55
ILUSTRACIÓN 2. GRAFICA DE CONTROL DEL TIEMPO PERDIDO POR CAMBIO DE BOBINA DE SEMIELABORADO.....	66

RESUMEN

La compañía Papeles Nacionales S.A., es una empresa colombiana creada hace 54 años aproximadamente, la cual produce y distribuye productos de papeles suaves y otros productos de aseo personal para el mercado nacional e internacional. En su portafolio de productos se puede encontrar papel higiénico, servilletas, toallas de cocina, pañuelos faciales, línea institucional, pañales y pañitos húmedos.

Este trabajo muestra la aplicación de una técnica de Manufactura Esbelta, puntualmente la técnica SMED “Single Minute Exchange of Die” a la máquina rebobinadora de papel higiénico de una de las líneas de conversión de la compañía, con el fin de disminuir el tiempo de cambio de bobina de semielaborado y por ende aumentar el tiempo productivo de la máquina y de la línea. Se ha seleccionado esta herramienta debido a su enfoque en la identificación y eliminación de actividades que no generan valor a los procesos y en la reducción y optimización de tiempos de alistamiento, factores clave para dar respuesta a las exigencias del mercado actual con plazos de entrega más ajustados y lotes de producción más cortos.

ABSTRACT

Papeles Nacionales S.A., is a Colombian company founded about 54 years ago, which produces and distributes soft papers and other personal care products for the national and international market. Its portfolio of products can be found toilet paper, napkins, kitchen towels, facial tissues, institutional online, diapers and wipes.

This project shows the application of lean manufacturing techniques, timely technical SMED "Single Minute Exchange of Die" on toilet paper rewinding machine from one of the conversion lines of the company, in order to decrease the contemplated change time semi coil and thus increase machine uptime and line. You have selected this tool because of its focus on identifying and eliminating activities that do not add value to the processes and the reduction and optimization of setup time, key factors to meet the current market demands with delivery more adjusted and shorter production batches.

GLOSARIO

ACTIVIDAD: Es el conjunto de operaciones o tareas que son ejecutadas por una persona o unidad administrativa como parte de una función asignada.¹

CALIDAD: Existen diferentes definiciones del concepto calidad:

- El grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo y adecuado a las necesidades del mercado.
- Comportamiento en cuanto al uso del producto.
- Capacidad para satisfacer las necesidades del usuario.
- Conformidad con los requerimientos.
- Cumplimiento o superación de las expectativas del cliente a un costo que le represente valor.²

CLIENTE: Agente económico que consume recursos y servicios brindados por otro agente ya sea personas, equipos o procesos.³

DISPONIBILIDAD: Este término se utiliza en diversos ámbitos y esferas para hacer referencia a la posibilidad de que algo, un producto o un fenómeno, esté disponible de ser realizado, encontrado o utilizado.⁴

DOCUMENTO: Testimonio material de un hecho o acto realizado en el ejercicio de sus funciones por instituciones o personas físicas, jurídicas, públicas o privadas,

¹ Tomado de <http://www.definicion.org/actividad>

² Tomado de <http://ocw.ub.edu/administracio-i-direccio-dempresses/estadistica-empresarial-ii/fitxers/Introduccion-CC.pdf>

³ Tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Cliente>

⁴ Tomado de <http://www.definicionabc.com/general/disponibilidad.php>

registrado en una unidad de información en cualquier tipo de soporte (papel, cintas, discos magnéticos, fotografías, etc.) en lengua natural o convencional.⁵

EFICIENCIA: Es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un objetivo con el mínimo de recursos posibles. Se entiende que la eficiencia se da cuando se utilizan menos recursos para lograr un mismo objetivo. O al contrario, cuando se logran más objetivos con los mismos o menos recursos.⁶

ESTÁNDAR: Es un conjunto de reglas que deben cumplir los productos, procedimientos o investigaciones que afirmen ser compatibles con el mismo producto. Los estándares ofrecen muchos beneficios, reduciendo las diferencias entre los productos y generando un ambiente de estabilidad, madurez y calidad en beneficio de consumidores e inversores.⁷

INDICADOR: Magnitud utilizada para medir o comparar los resultados efectivamente obtenidos, en la ejecución de un proyecto, programa o actividad. Resultado cuantitativo de comparar dos variables. Se mide en porcentajes, tasas y razones para permitir comparaciones.⁸

MÁQUINA REBOBINADORA: Enrolla la bobina madre o bobina de semielaborado en barras más pequeñas de la misma anchura que ésta pero con el diámetro del producto terminado. También perfora la red de papel en intervalos predeterminados (produciendo la hoja del tamaño deseado según el producto),

⁵ Tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Documento>

⁶ Tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia>

⁷ Tomado de <http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/biometria/estandares/estandar.html>

⁸ Tomado de <http://www.definicion.org/indicador>

controla el número de hojas en cada barra y produce el diámetro predeterminado de la barra.⁹

MERCADO: Un dispositivo mediante el cual se llevan a cabo intercambios económicos entre las personas.¹⁰

OPTIMIZACIÓN: Se puede definir como el proceso de seleccionar, a partir de un conjunto de alternativas posibles, aquella que mejor satisfaga el o los objetivos propuestos.¹¹

PROCESO: Es el conjunto de actividades o tareas, mutuamente relacionadas entre sí que admite elementos de entrada durante su desarrollo ya sea al inicio o a lo largo del mismo, los cuales se administran, regulan o autorregulan bajo modelos de gestión particulares para obtener elementos de salida o resultados esperados.¹²

PRODUCCIÓN: Actividad económica que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios, es decir, se refiere a la creación de productos o servicios y a la creación de valor al mismo tiempo.¹³

⁹ Tomado de <http://www.fabioperini.com/es/productos/rebobinadoras.html>

¹⁰ Tomado de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/economia/glos/glos6.htm>

¹¹ Tomado de <http://www.modeloingenieria.edu.ar/mei/repositorio/descargas/modelado/cap11.pdf>

¹² Tomado de <http://blog.pucp.edu.pe/item/19744/que-es-un-proceso-definicion-y-elementos>

¹³ Tomado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Producci%C3%B3n_\(econom%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Producci%C3%B3n_(econom%C3%ADa))

PRODUCTIVIDAD: Indicador que refleja que tan bien se usan los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios, de esta forma puede definirse como la relación entre recursos utilizados y productos obtenidos.¹⁴

VARIABLE: Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de adoptar diferentes valores, los cuales pueden medirse u observarse.

Según la medición existen:

- **Variables cualitativas:** Son el tipo de variables que expresan distintas cualidades, características o modalidad. Cada modalidad que se presenta se denomina atributo o categoría, y la medición consiste en una clasificación de dichos atributos. Las variables cualitativas pueden ser dicotómicas cuando sólo pueden tomar dos valores posibles, como sí y no, hombre y mujer o ser politómicas cuando pueden adquirir tres o más valores.
- **Variables cuantitativas:** Son las variables que toman como argumento cantidades numéricas, o variables matemáticas.

Según la influencia existen:

- **Variables independientes:** Una variable independiente es aquella cuyo valor no depende de otra variable. Son las que el investigador escoge para establecer agrupaciones en el estudio, clasificando intrínsecamente a los casos del mismo.

¹⁴ Tomado de http://www.ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2002/Felsingar_MADE.pdf

- **Variables dependientes:** Una variable dependiente es aquella cuyos valores dependen de los que tomen otra variable. Son las variables de respuesta que se observan en el estudio y que podrían estar influidas por los valores de las variables independientes.¹⁵

¹⁵ Tomado de http://es.wikipedia.org/wiki/Variable_estad%C3%ADstica

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO

La empresa ha tenido un rápido crecimiento durante los últimos años tanto en producción como distribución de sus productos, razón por la cual ha sido necesario ampliar la planta de producción con el fin de cumplir con la demanda del mercado, atender las exigencias del cliente en cuanto a tamaños de pedido y tiempos de entrega y hacerle frente a la competencia.

Debido al crecimiento y características de la demanda actual es necesario cumplir con unos requerimientos mínimos de producción, es por esto que se detectó la posibilidad de incrementar la eficiencia productiva de la maquinaria industrial utilizada en el área de conversión, la cual es medida mediante el indicador OEE, analizando los conceptos en los cuales se basa: Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. Se encontró que es posible aumentar la base de Disponibilidad que tiene la máquina rebobinadora de papel para aumentar el indicador y de esta manera poder cambiar un porcentaje de tiempo utilizado para un cambio de bobina en un tiempo productivo, así se incrementaría la producción.

Teniendo en cuenta esta posibilidad se encuentran las condiciones necesarias para establecer un método de trabajo estandarizado bajo un enfoque de la herramienta SMED “Single Minute Exchange of Die” de la filosofía Lean Manufacturing con el objetivo de reducir el tiempo en el proceso de cambio de bobina.

1.2 FORMULACIÓN

¿Cómo reducir los tiempos de cambio de bobina de semielaborado en una rebobinadora de papel higiénico en la empresa papelera ubicada en el departamento de Risaralda?

1.3 SISTEMATIZACIÓN

- ¿Cuál es el tiempo promedio actual de un cambio de bobina de semielaborado en la rebobinadora de papel higiénico en la que se aplicará el estudio?
- ¿Cuáles son las actividades que se realizan durante un cambio de bobina de semielaborado en la rebobinadora de papel higiénico en la que se aplicará el estudio?
- ¿Qué actividades se realizan con la maquina rebobinadora de papel higiénico en marcha y qué actividades se realizan cuando esta se encuentra detenida?
- ¿Cuál es el procedimiento adecuado que disminuirá el tiempo promedio de un cambio de bobina de semielaborado en la rebobinadora de papel higiénico en la que se aplicará el estudio?
- ¿Cuál es el impacto que tienen los tiempos perdidos generados en el proceso de cambio de bobina de semielaborado en una rebobinadora de papel higiénico en la empresa papelera?

- ¿Cuál es el tiempo promedio de un cambio de bobina de semielaborado en la rebobinadora de papel higiénico en la que se aplicará el estudio después de socializar el nuevo procedimiento?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) en el proceso de cambio de bobina de semielaborado de la máquina rebobinadora de papel higiénico en la empresa Papeles Nacionales S.A. ubicada en el departamento de Risaralda.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Establecer el tiempo promedio actual que tarda un cambio de bobina de semielaborado en la rebobinadora de papel higiénico en la cual se realizará el estudio.
2. Determinar las actividades que hacen parte del proceso de cambio de bobina de semielaborado en la rebobinadora de papel higiénico y clasificar las que se realizan con la máquina en marcha y las que se realizan con la máquina detenida.
3. Identificar las actividades necesarias e innecesarias dentro del método actual de cambio de bobina de semielaborado en la máquina rebobinadora de papel higiénico.
4. Diseñar el nuevo método para el cambio de bobina basado en la metodología SMED y documentar el nuevo procedimiento de cambio para la máquina rebobinadora de papel higiénico.

5. Socializar e implementar el nuevo método para el cambio de bobina de semielaborado en la máquina rebobinadora de papel higiénico.

6. Reducir en un 35% el tiempo promedio de cambio de una bobina de semielaborado en la máquina rebobinadora de papel higiénico, tomando como base el tiempo promedio actual.

3. JUSTIFICACION

Teniendo en cuenta que la empresa papelera ha venido experimentando un crecimiento en los últimos años tanto en su capacidad productiva como en la demanda de sus productos en el mercado, es necesario que los procesos se vuelvan cada vez más eficientes para lograr ajustarse y cumplir las exigencias del cliente actual, órdenes de producción más pequeñas en plazos de entrega más cortos y con mayor calidad. En un escenario con estas características la implementación de SMED (Single Minute Exchange of Die) como herramienta de modelo de gestión enfocado a la reducción de los tiempos de cambio de productos manufacturados es de una alta utilidad para aumentar la eficiencia de los procesos productivos.

El objetivo del SMED es la reducción de las acciones que no se deben realizar con la máquina en marcha, las cuales no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar, generando sobrecostos y disminuyendo las utilidades.

Por lo tanto, lo que se busca con la investigación es determinar qué tipo de actividades se observan en el proceso de cambio de bobina de semielaborado en la máquina rebobinadora de papel higiénico que generan tiempos no productivos, y sugerir estrategias para la eliminación de las mismas basado en la herramienta SMED de la filosofía Lean Manufacturing, todo esto a través de la identificación de los procesos y actividades que generen desperdicios que sean cuantificables y poder así determinar el impacto que tienen en la rentabilidad, competitividad y satisfacción del cliente de la organización.

Todo esto se logra teniendo en cuenta los principios determinados por *Liker*¹⁶, que buscan que la filosofía sea a largo plazo e involucre a todos los integrantes de la

¹⁶ LIKER, Jeffrey. The Toyota Way: Fourteen management principles from the world's greatest manufacturer. EE.UU.: McGraw-Hill, 2003. 330 p.

organización. Además, se deben tener en cuenta los pilares de Lean para que haya un proceso de mejora continua.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. MARCO TEÓRICO

4.1.1 Lean Manufacturing

De acuerdo con *Villaseñor y Galindo*¹⁷, Lean Manufacturing o manufactura esbelta tiene sus orígenes en la compañía Toyota quienes encontraron una forma de producir de manera que se lograra tener el mínimo posible de desperdicios dentro del proceso y a su vez lograr ser igualmente competitivos como las demás compañías automotrices, pero con el paso del tiempo, Toyota logra superar la productividad de estas compañías competencia, por lo que la manufactura esbelta se convierte en un modelo a seguir.

Taiichi Ohno fue un ejecutivo de Toyota quien era el enemigo de los despilfarros e identificó los primeros 7 tipos de muda (toda aquella actividad humana que absorbe recursos pero que no crea valor, es decir el despilfarro): *Sobreproducción, tiempos de espera, transporte, sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto, inventario, movimiento, productos defectuosos o retrabajos*; pero gracias al pensamiento Lean se proporciona un método para especificar valor, alinear las acciones creadoras de valor de acuerdo con la secuencia óptima, llevar a cabo estas actividades sin interrupción siempre que alguien las solicite y realizarlas cada vez de forma más eficaz.¹⁸

Es decir, este pensamiento lean proporciona una estrategia de generar más con menos esfuerzo humano, equipamiento, tiempo y espacio, ofreciendo a su vez más de lo que los clientes exactamente quieren o desean.

¹⁷ VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. 2 ed. México: Limusa, 2008. p. 13.

¹⁸ JONES, Daniel T y WOMACK James P. Lean Thinking: como utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. Estados Unidos: Gestión 2000, 2012.

El valor se define como lo que el cliente, interno o externo, espera de este proceso. En todo proceso de producción hay pasos para dar como resultado un producto, dichos pasos se pueden evidenciar; algunos agregan valor, otros no agregan valor pero son necesarios, y finalmente están los que no son necesarios. Estos últimos, conocidos como desperdicios, son los que se buscan eliminar por medio de las herramientas de Lean Manufacturing, las cuales según *Rajadell y Sánchez*¹⁹ son: *5S, Heijunka, Kanban, SMED, TPM y Jidoka*.

“Para lograr esto dentro de las empresas, se tendrán que usar algunas herramientas y pasos o metodologías, pero sobre todo, deberá enfocarse en el cambio de actitud, no solo de la gente en piso, sino en los gerentes, supervisores, etc., que son el pilar de todo este cambio.”²⁰

*Los principios y herramientas de lean management se aplican en empresas de distintos países, de mayor o menor tamaño, ligadas o no al automóvil e incluso del sector servicios (Emiliani, 2000; Swank, 2003). En cada caso donde se ha implantado se ha obtenido un resultado fruto de la mezcla entre los fundamentos de lean management, la cultura nacional y el entorno específico de la empresa (Sayer, 1986). Dado que el concepto lean es relativamente reciente, la literatura que hace referencia al mismo no tiene la extensión de otros campos, pero en la literatura se encuentran casos de éxitos basados en la adopción correcta y completa de la filosofía Lean (Karlsson y Ahlstrom, 1996), así como fracasos debidos, sobre todo, a una mentalidad poco propicia a la mentalidad lean y a la simple implantación mimética de un conjunto de herramientas.*²¹

¹⁹ RAJADELL CARRERAS, Manuel y SANCHEZ GARCIA, José Luis. Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. 1 ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2011. p. 45.

²⁰ VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing: Guía básica. 2 ed. México: Limusa, 2009. p. 9.

²¹ FORTUNY-SANTOS, Jordi, *et al.* Metodología de implantación de la gestión *lean* en plantas industriales. En: Universia Business Review. Cuarto Trimestre, 2008. no. 20, p. 28-40. Disponible en: http://ubr.universia.net/pdfs_web/UBR004200828.pdf

Es decir, la forma en que se implantan los principios de la filosofía Lean Manufacturing, depende de la situación actual de la empresa, del contexto en que esta se encuentre, es una dinámica de mejora continua, se tiene una guía, unas herramientas y unos principios, pero esto no significa tener un modelo a seguir, no se maneja un único patrón de implantación, es saber aplicarlo dependiendo de las características de la organización, de las necesidades que está presente y de otros factores importantes, como lo es el liderazgo y el compromiso de las personas que laboran en la empresa.

En el contexto competitivo actual, el mercado cada vez exige precios y tiempos de entrega más bajos, sin que haya una disminución en la calidad del producto. Las organizaciones deben ahora buscar una mayor ganancia, no debida al aumento del precio de venta, sino a la reducción de costos, evitando un impacto en el cliente externo, pero sí generando unas utilidades más altas. Y en base a esto, el principio fundamental de la filosofía Lean, es la eliminación o reducción de procesos de producción que no agreguen valor al producto, y que no sean necesarios para asegurar la calidad del mismo.

Según *Villaseñor y Galindo*²² en Toyota es la gente la que lleva el sistema de producción a su propia vida, por medio del trabajo, la comunicación y la resolución de problemas en conjunto. La manera como Toyota realiza sus procesos exige el involucramiento de sus empleados, brindándoles las herramientas para que mejoren continuamente su trabajo. Por lo tanto conciben el Lean Manufacturing como una cultura, más que un conjunto de técnicas de eficiencia y de mejora.

²² VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing: Guía básica. 2 ed. México: Limusa, 2009. p. 29.

4.1.2 SMED (Single Minute Exchange of Die)

Se utiliza para minimizar los contratiempos que se generan en el cambio de un número de parte a otro en una máquina o serie de máquinas en el área de producción.

El sistema SMED fue concebido por Shingeo Shingo a lo largo de 19 años, y es el resultado de un estudio de aspectos teóricos y prácticos de la mejora de preparación de máquinas.

Para la aplicación de esta herramienta, se debe medir el tiempo empleado en el cambio de moldes o partes, entre la última pieza de producción y la primera pieza buena producida del siguiente número de partes, para tener una referencia y tenerlo como medible a reducir.

Según *Shingeo Shingo*²³ cualquier set-up puede ser realizado en menos de 10 minutos y los pasos a seguir son:

1. Medir el tiempo total del set-up actual.
2. Identificar los elementos internos y externos (conocer los tiempos individuales de cada uno de los elementos).
 - **Elemento interno:** Actividad que puede ser realizada únicamente cuando la máquina está parada.
 - **Elemento externo:** Actividad que puede ser realizada cuando la máquina está funcionando.
3. Convertir la mayor cantidad de elementos internos en externos.

²³ SHINGO, Shingeo. Una revolución en la producción: el sistema SMED. Estados Unidos: Productivity Press, 1997. Citado por VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. 2 ed. México: Limusa, 2008. p. 126

4. Reducir el tiempo de los elementos internos.
5. Reducir el tiempo de los elementos externos.
6. Estandarizar el nuevo procedimiento.

Para poder distinguir las operaciones internas y externas y además poder tomar el tiempo total del set up actual es necesario realizar un análisis de producción continua.

Un análisis de producción continua llevado a cabo con un cronómetro es probablemente el mejor enfoque. Este tipo de análisis, sin embargo consume tiempo y precisa gran habilidad.

Otra posibilidad es el estudio del trabajo por muestras. El problema que plantea esta opción es que las muestras solo son precisas con procesos muy repetitivos. El estudio puede no ser válido si sólo se repiten unas pocas acciones.

Un método aún mejor lo constituye la grabación en video de la operación completa. Esto es extremadamente efectivo si el video se muestra a los trabajadores inmediatamente después de terminar la operación. Si se les proporciona la oportunidad de expresar sus opiniones, a menudo aparecerán ideas útiles que en muchas ocasiones se pueden aplicar inmediatamente.²⁴

Uno de los pasos más importantes en la aplicación de la herramienta SMED es la correcta separación de las operaciones Internas de las externas. “*Si se hace un esfuerzo para que la mayor parte posible de las operaciones se conviertan en actividades externas y el tiempo necesario para la preparación interna sea*

²⁴ VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing: Guía básica. 2 ed. México: Limusa, 2009. p. 62.

*realizado mientras la máquina no funciona, esto reducirá sustancialmente el tiempo*²⁵.

Después de tener claro cuáles son operaciones internas y cuales externas es necesario identificar cuáles de estas operaciones internas podrían convertirse en externas mediante preparaciones con la máquina parada o cambiando el método con el cual se realiza dicha operación. Es importante adoptar nuevos puntos de vista que se puedan encontrar con operarios, supervisores o analistas que no estén influidos por viejas costumbres.

4.1.3 División del Trabajo

La división del trabajo hace referencia al número de tareas distintas en que se distribuye el trabajo necesario para la producción de un bien o servicio, tareas que han de ser realizadas por distintos trabajadores especializados en cada una de ellas.

La división del trabajo tiene varias características que permiten aumentar la producción de la en general, al aprovechar todas las capacidades del trabajador y los recursos disponibles:

- **Diferencia de capacidades:** Cada persona posee características propias que le permiten ser mejor en algunas actividades que en otras. La división del trabajo permite que las personas se ocupen de aquella actividad en la cual son buenos y no pierdan tiempo y esfuerzo realizando también otras actividades que otras personas podrían hacer mejor.

²⁵ VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing: Guía básica. 2 ed. México: Limusa, 2009. p. 62.

- **Aprendizaje por medio de la experiencia:** En caso de existir dos personas con las mismas capacidades, el dedicar a una persona a realizar una actividad hace que ésta se vuelva especialista en llevarla a cabo, pues al ocuparse en una sola tarea le permite desarrollar destrezas y descubrir mejores técnicas que simplifiquen el trabajo, lo que no ocurre si la persona se ocupa también de otras actividades.

- **Ahorro de tiempo:** Cuando el trabajador está dedicado permanentemente a una sola tarea evita la pérdida de tiempo por el paso de un trabajo a otro.

La división del trabajo se hace cada vez más indispensable dado que las economías modernas se enfocan cada vez más en el aumento de la producción a través de la eficiencia y para lograr esto, se debe lograr la especialización de las actividades. Sin embargo, llevar una división del trabajo al exceso también puede resultar perjudicial, ya que el hecho de que una persona realice una sola tarea en su trabajo puede hacer que éste se convierta en algo monótono y aburrido y pierda sentido, además la especialización excesiva no permite el desarrollo de la persona. Debido a esta situación actualmente muchas empresas están promoviendo programas de rotación periódica de labores, mayor flexibilidad y participación de los trabajadores en sus actividades.

La interdependencia es otro de los factores que se deben analizar, ya que el hecho de especializar un trabajador en una actividad específica hace que para lograr el resultado final completo, se deba contar con el trabajo de otros trabajadores para que estos hagan la parte que les corresponde, si por alguna razón fallan o no completan su tarea, el trabajo de los demás también se ve

perjudicado, por lo tanto, ninguno de ellos tendría un verdadero control sobre su actividad.²⁶

4.1.4 OEE (Overall Equipment Efficiency o Eficiencia General de los Equipos)

Es una razón porcentual que permite medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. La ventaja de este métrico respecto a otras razones es que logra medir, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la *disponibilidad*, la *eficiencia* y la *calidad*.

Del análisis de las tres razones que forman el OEE, es posible conocer si lo que resta para alcanzar el 100% se debe a falta de disponibilidad (las máquinas estuvieron paradas cierto tiempo), eficiencia (las máquinas estuvieron funcionando a menos de su capacidad total o nominal) o calidad (se produjeron unidades defectuosas).

El OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación. El indicador OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financieras y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación anual. Finalmente, esta métrica es necesaria para complementar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos por la certificación ISO 9000:2000.

²⁶ <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/econo5.htm>

El OEE considera 6 grandes pérdidas:

1. Paradas/Averías.
2. Configuración y Ajustes.
3. Pequeñas Paradas.
4. Reducción de velocidad.
5. Rechazos por Puesta en Marcha.
6. Rechazos de Producción.

Las dos primeras, Paradas/Averías y Ajustes, afectan a la Disponibilidad. Las dos siguientes, Pequeñas Paradas y Reducción de velocidad, afectan al Rendimiento y las dos últimas, Rechazos por puesta en marcha y Rechazos de producción afectan a la Calidad.

Cálculo del OEE

El OEE resulta de multiplicar tres razones porcentuales: la Disponibilidad, la Eficiencia y la Calidad.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Disponibilidad

Es un valor entre 0 y 1 que suele ser expresado porcentualmente.

Incluye:

- Pérdidas de Tiempo Productivo por Paradas.

Es el resultado de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo o **Tiempo de Operación: TO** por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo. El tiempo que la máquina podría haber estado produciendo o **Tiempo Planificado de Producción: TPO** es el tiempo de producción total menos los periodos en los que no estaba planificado producir por paradas planificadas, es decir, mantenimientos programados, espacios para las comidas, días festivos. Entre otras.

$$\text{Disponibilidad} = (\text{TO} / \text{TPO}) \times 100$$

TPO= Tiempo Total de trabajo - Tiempo de Paradas Planificadas

TO= TPO - Paradas y/o Averías

Rendimiento

Esta razón porcentual incluye:

- Pérdidas de velocidad por pequeñas paradas.
- Pérdidas de velocidad por reducción de velocidad.

El Rendimiento es el resultado de dividir la cantidad de piezas realmente producidas entre la cantidad de piezas que se podrían haber producido. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina.

Siendo:

Capacidad Nominal (Machine Capacity, Nameplate Capacity, Ideal Run Rate, Theoretical Rate): Es la capacidad de la máquina o línea declarada en la especificación (DIN 8743). Se denomina también Velocidad Máxima u Óptima equivalente a Rendimiento Ideal (Máximo / Óptimo) de la máquina o línea. Se mide en *Número de Unidades / Hora*, en lugar de utilizar la Capacidad Nominal se puede utilizar el Tiempo de Ciclo Ideal.

Tiempo de Ciclo Ideal (Ideal Cycle Time, Theoretical Cycle Time): Es el mínimo tiempo de un ciclo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.

$$\text{Tiempo de Ciclo Ideal} = 1 / \text{Capacidad Nominal}$$

La Capacidad Nominal o tiempo de Ciclo Ideal, es lo primero que debe ser establecido y generalmente es proporcionada por el fabricante, aunque suele ser una aproximación, ya que puede variar considerablemente según las condiciones en que se opera la máquina o línea. La capacidad nominal debe ser determinada para cada producto (incluyendo formato y presentación).

Esta razón tiene en cuenta todas las pérdidas de velocidad (breakdowns). Se mide en tanto por uno o tanto por ciento del ciclo real o capacidad real con respecto a la ideal.

$$\text{Rendimiento} = \text{Tiempo de Ciclo Ideal} / (\text{Tiempo de Operación} / \text{N}^{\circ} \text{ Total Unidades})$$

ó

$$\text{Rendimiento} = \text{N}^{\circ} \text{ Total Unidades} / (\text{Tiempo de Operación} \times \text{Velocidad Máxima})$$

El Rendimiento es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

Calidad

Esta razón incluye:

- Pérdidas por Calidad.

Disminuye la pérdida de velocidad. El tiempo empleado para fabricar productos defectuosos debe ser estimado y sumado al tiempo de Paradas (Downtime), ya que durante ese tiempo no se fabrican productos conformes.

Por tanto, la pérdida de calidad implica dos tipos de pérdidas:

- Pérdidas de Calidad = Número de unidades mal fabricadas.
- Pérdidas de Tiempo Productivo = Tiempo empleado en fabricar las unidades defectuosas.

Y adicionalmente, en función de si las unidades son o no válidas para ser reprocesadas, incluyen:

- Tiempo de reprocesado.
- Coste de tirar, reciclar, etc. las unidades defectuosas.

Tiene en cuenta todas las pérdidas de calidad del producto. Se mide en tanto por uno o tanto por ciento de unidades no conformes con respecto al número total de unidades fabricadas.

Nº de unidades Conformes Calidad (Q) = Nº de unidades Conformes/Nº unidades Totales

En ocasiones, las unidades fabricadas No Conformes pueden ser reprocesadas y pasar a ser unidades Conformes. La OEE sólo considera como Buenas las que salen conformes la primera vez, no las reprocesadas. Por tanto las unidades que posteriormente son reprocesadas deben considerarse Rechazos, es decir, malas.

Por tanto, la Calidad resulta de dividir las piezas buenas producidas por el total de piezas producidas incluyendo piezas retrabajadas o desechadas.

La Calidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.²⁷

4.2. MARCO CONCEPTUAL

Desperdicio: Se entiende como desperdicio los procedimientos y actividades que no brindan valor al producto y por las cuales el cliente final no está dispuesto a pagar. Toyota, en sus estudios identificó distintos tipos de desperdicios²⁸, estos no solo se generan en las líneas de producción, también pueden ser identificados dentro del desarrollo de un producto o en la oficina.

Espera: Se da cuando se presentan cuellos de botella en los procesos productivos o administrativos, generando que los empleados se queden esperando por herramienta, partes o viendo trabajar las máquinas. Esto genera costos por el tiempo que se le paga al operario, sin que éste sea productivo.

²⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_general_de_los Equipos

²⁸ VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing: Guía básica. 2 ed. México: Limusa, 2009. p. 21.

Lean Manufacturing: El concepto de *Lean Manufacturing* fue mencionado inicialmente por *Womack y Jones* en *Lean Thinking*²⁹, y viene de la palabra inglesa *Manufacturing*, que significa *manufactura*, y la palabra inglesa *Lean* que aplicada a un sistema productivo se puede traducir como “*ágil, flexible*”. Como dice *Rajadell y Sánchez*³⁰ se entiende por *Lean Manufacturing*, la búsqueda continua de la mejora del sistema de producción mediante la eliminación del desperdicio. Se pueden definir además como un conjunto de técnicas desarrolladas por Toyota en sus plantas en Japón, inspiradas en parte, por los principios de Deming; con el fin de eliminar los desperdicios dentro de sus procesos de producción.

Movimiento innecesario: Ocurre cuando hay movimientos innecesarios hechos por el personal durante sus actividades, tales como mirar, buscar, acumular partes, herramientas y hasta caminar si no es parte del proceso.

Preparación: Conjunto de operaciones necesarias para el cambio. Toda preparación es desperdicio (también denominado MUDA), ya que no aporta valor para el cliente.³¹

Preparación interna: Conjunto de operaciones de la preparación que sólo pueden realizarse con máquina parada.³²

Preparación externa: Conjunto de operaciones de la preparación que pueden realizarse con la máquina en marcha.³³

²⁹ JONES, Daniel T y WOMACK James P. *Lean Thinking: como utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Gestión, 2000, 2012. 504 p.

³⁰ RAJADELL CARRERAS, Manuel y SANCHEZ GARCIA, José Luis. *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. 1 ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2011. p. 2.

³¹ Tomado de <http://www.leanroots.com/SMED.html>

³² Tomado de <http://www.leanroots.com/SMED.html>

Rebobinadora de papel: Desenrolla las bobinas de semielaborado y une las hojas para formar rollos con el diámetro del producto terminado y de la misma anchura de la bobina madre. Esta máquina también se encarga de realizar las perforaciones y el grabado dependiendo del producto que se realice.

Set Up: Es una técnica enfocada al cambio rápido de maquinaria y herramientas sin pérdida de tiempo, la finalidad es producir diferentes artículos en lotes pequeños realizando breves ajustes a los elementos mismos de producción para que la maquinaria se convierta en multifuncional. Comprende un conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para comenzar el cambio hasta que ésta consigue fabricar la primera unidad del siguiente producto con las especificaciones requeridas.³⁴

SMED: Técnica que consiste en reducir drásticamente los tiempos de cambio en los procesos de producción, haciendo al tiempo que la preparación sea más sencilla, segura y fiable.³⁵

Tiempo de cambio: Tiempo desde que se fabrica la última pieza del producto saliente hasta que se fabrica la primera pieza buena del producto entrante. Por tanto, durante el tiempo de cambio la máquina está parada.³⁶

³³ Tomado de <http://www.leanroots.com/SMED.html>

³⁴ Tomado de <http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/16/setup.htm>

³⁵ Tomado de <http://www.leanroots.com/SMED.html>

³⁶ Tomado de <http://www.leanroots.com/SMED.html>

Transporte innecesario: Se presenta cuando se realizan movimientos innecesarios de algunas partes durante la producción. Esto puede causar daños al producto o a la parte, lo cual genera un reproceso, elevando los costos.

4.3 MARCO ESPACIAL O SITUACIONAL

El proyecto tendrá lugar en la planta de producción de papeles suaves o papel Tissue para la elaboración de productos de aseo y cuidado personal de la empresa Papeles Nacionales S.A., ubicada en el Paraje La Marina Vía Cartago Valle en el Departamento de Risaralda.

Papeles Nacionales S.A. fue fundada en el año 1960 gracias a la iniciativa de un grupo de industriales de instalar una empresa de este tipo en la región. La planta inició su producción en 1962 contando con un molino complementado con un secador, un rodillo de prensa y un sistema de conversión de máquinas manuales.

Debido a la variedad y calidad de sus productos tanto la planta como la red de distribución se han venido ampliando a través de los años con el fin de satisfacer la creciente demanda del mercado nacional e internacional, para permitirse el incremento de volúmenes de producción en los molinos, actualmente se cuenta con equipos automatizados de conversión guiados por computadora, los cuales se complementan con tecnología que permitan soportar el crecimiento de la empresa en los próximos años y para garantizar la distribución de sus productos en todo el país cuenta con bodegas en las ciudades Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Ibagué y Medellín.

Actualmente, la empresa es uno de los mayores exportadores de papel Tissue en Colombia, con la participación de sus productos en los mercados de Suramérica,

Centroamérica y el Caribe, Norteamérica y Europa. Los principales destinos de exportación son: Canadá, Estados Unidos, México, Honduras, Panamá, Venezuela, Ecuador, Perú, Cuba, Curazao, Jamaica, Barbados, Trinidad y Tobago, Puerto Rico, Inglaterra, Finlandia, entre otros países del mundo.

5. ASPECTOS METODOLÓGICOS

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La aplicación del plan para la reducción de los tiempos no productivos, aplicando la herramienta SMED de la filosofía lean manufacturing en la planta papelera ubicada en el departamento de Risaralda es un estudio descriptivo ya que se enfoca en la identificación y características del problema de investigación, se toman aquellos elementos que sirven como guía y que van acorde a las necesidades de eliminación de tiempos no productivos en la planta.

El problema de investigación abarca comportamientos sociales, actitudes, formas de pensar y actuar, ya que es fundamental la actitud frente al cambio que tomen tanto los operarios de la planta de producción como todos los directivos y la gerencia de la empresa para el éxito y buen desarrollo de la herramienta. Es un mejoramiento continuo que involucra liderazgo y trabajo en equipo, el apoyo del personal de la empresa tanto productivo como administrativo, es sin duda uno de los elementos claves ya que el sistema SMED trae beneficios para toda la organización.

Se parte de la hipótesis de segundo grado en la cual se espera demostrar una causa-efecto de que la aplicación de la herramienta SMED de la filosofía de Lean Manufacturing para la reducción de los tiempos no productivos, tiene un impacto en la reducción de costos, generando mayor rentabilidad y productividad en la planta papelera. Finalizado el estudio, se espera presentar los rasgos que caracterizan e identifican el problema de investigación planteado, la forma más eficiente de realizar el proceso de cambio de bobina de semielaborado en la maquina rebobinadora de papel higiénico y la reducción porcentual y nominal del tiempo promedio de este proceso con base en el tiempo promedio hallado antes de aplicar la herramienta SMED.

5.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo metodológico del problema de investigación se dará con base a la unidad de análisis, los tiempos no productivos.

Para identificar los tiempos no productivos presentados en el cambio de bobina en la rebobinadora de papel higiénico en la planta papelera se iniciará con el método de observación, ya que este permite percibir deliberadamente los rasgos que caracterizan el proceso que se desea estudiar y de esta manera diagnosticar las actividades que generan tiempos no productivos que pueden ser eliminadas o disminuidas, además contando con la ayuda del personal vinculado al sistema de producción para conocer los problemas presentados y participando en el mismo.

El método de análisis se utilizará en el momento de proponer alternativas de solución para eliminar o minimizar las actividades que generan tiempos no productivos como también para evaluar económicamente dichas opciones, este método permite a partir de la identificación de cada una de las actividades en el proceso de cambio de bobina, establecer una relación de causa-efecto entre los elementos que lo componen, lo que permite identificar la causa del problema y visualizar las alternativas de mejora.

5.3 FUENTES PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Debido a que el estudio es teórico-práctico, se necesita información primaria y secundaria para el desarrollo del mismo.

5.3.1 Fuentes primarias

Observación: La información será recolectada directamente en la planta a través de la observación del proceso de cambio de bobina de semielaborado en la maquina rebobinadora de papel higiénico en la cual se realizará el estudio y de entrevistas al personal que hacen parte de este proceso.

5.3.2 Fuentes secundarias

Para el correcto desarrollo de la investigación, es necesaria una fundamentación teórica del tema, es decir la herramienta SMED de la filosofía Lean Manufacturing, para esto se debe acudir a bibliografía relacionada con el mismo, que abarquen antecedentes, herramientas y todo lo que requiera. A partir de la bibliografía encontrada, se seleccionaron tres fuentes principales:

- JONES, Daniel T y WOMACK James P. Lean Thinking: como utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. Gestión 2000, 2012. 504 p.
- LIKER, Jeffrey. The Toyota Way: Fourteen management principles from the world's greatest manufacturer. EE.UU.: McGraw-Hill, 2003. 330 p.
- VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing: Guía básica. 2 ed. México: Limusa, 2009. 116 p.

Además se debe tener en cuenta toda la documentación del proceso productivo de la papelera suministrada por la misma, como también indicadores de producción que permitan evaluar y comparar la reducción de desperdicios.

5.4 TÉCNICAS EN LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

5.4.1 Observación

Esta será de tipo directa no participante, ya que no se pertenece al grupo ni se asumirá sus mismos comportamientos, solo se buscará obtener la información necesaria para dar respuesta al problema de investigación, el cual tiene como unidad de análisis los tiempos no productivos en el proceso de cambio de bobina de semielaborado en la maquina rebobinadora de papel higiénico. Las actividades que serán identificadas con la técnica de observación serán clasificadas en: actividades internas y actividades externas. Esta información se obtendrá por medio de puntual atención al proceso de cambio de bobina en la línea que se realizará el estudio, tomando nota con lápiz y papel de los detalles relevantes a la investigación. Además se realizarán fotografías y videos que ayuden en el análisis más profundo de la información del proceso y que así mismo, sirvan de soporte a la hora de presentar los resultados de la investigación y en la toma de decisiones internas de la empresa papelera. Debido a políticas de la empresa, no será posible mostrar videos que revelen ubicación o reconocimiento de la línea en la cual se aplicará el proyecto.

5.4.2 Entrevista

Con ella se busca obtener mayor información sobre lo que se busca conocer, todas las actividades realizadas en el proceso de cambio de bobina de semielaborado. Se realizará a los supervisores, operarios con mayor antigüedad en la planta y personal involucrado con el sistema productivo de la planta con el fin

de establecer y caracterizar las actividades que se consideran que tienen mayor relevancia dentro del proceso.

5.4.3 Población

El objetivo del proyecto es la implementación de la metodología SMED en una de las máquinas rebobinadoras de papel higiénico en la planta papelera, por esto la población estará constituida por los colaboradores involucrados en el cambio de bobina, desde los operarios de la máquina hasta los supervisores.

5.4.4 Muestra

Los tiempos de cambio de bobina necesarios para conformar la muestra fueron proporcionados por la empresa a través del suministro de un histórico de datos de 3 meses, tiempos de cambio obtenidos por medio de la utilización de un sistema de medición del tiempo perdido que la compañía actualmente posee y que nos permite conocer con exactitud la duración de cada cambio. Este histórico de datos fue procesado con la finalidad de obtener un tiempo estándar como punto inicial.

6. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

6.1 MISIÓN

Desarrollar, producir y distribuir productos de papeles suaves y otros productos de aseo personal, para el mercado nacional e internacional, a fin de satisfacer los requerimientos de clientes, consumidores y trabajadores, asegurando así el liderazgo en nuestro mercado y logrando un retorno óptimo sobre activos a largo plazo.

6.2 VISIÓN

Consolidar el liderazgo de Papeles Nacionales S.A., en el mercado nacional de papeles suaves, en los próximos cinco años, mediante el aseguramiento de la calidad de sus productos y la excelencia en el servicio para sus clientes y consumidores. Afianzar sus operaciones en América Latina, bajo los mismos parámetros de calidad y servicio: y desarrollar nuevos negocios que sean compatibles con su actividad.³⁷

³⁷ Tomado de <http://www.papelesnacionales.com/conozcanos/quienes.htm>

7. DESARROLLO METODOLÓGICO

El proyecto se desarrolló siguiendo una metodología compuesta por tres etapas principales las cuales permitieron alcanzar el objetivo general del mismo, estas etapas fueron la estructuración del proyecto, la ejecución del proyecto y la evaluación del proyecto.

7.1 ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO

Esta primera etapa tuvo una duración de una semana, durante la cual se realizó una investigación del problema con el fin de estructurar un plan de desarrollo del proyecto, en el cual se indicaron los lineamientos a seguir para ejecutarlo correctamente. Se identificaron las personas que formarían parte del equipo de trabajo, se utilizaron las fuentes primarias de información como la observación y la recolección de datos para lograr un primer acercamiento directo con el problema y se investigaron fuentes de información secundaria como bibliografía, terminología relacionada, estado actual del arte y estudios anteriores, las cuales permitieron construir una buena base teórica para soportar la ejecución del proyecto.

7.2 EJECUCIÓN DEL PROYECTO

En esta etapa, la cual tuvo una duración de seis semanas consecutivas, se desarrollaron todos los procesos relacionados con el objetivo del proyecto, se reunieron, ordenaron y analizaron los datos obtenidos, así como la información recolectada en la etapa anterior. Esta etapa comprendió todo el tratamiento de la información a partir de las directrices establecidas en la temática del SMED, siguiendo el plan de desarrollo establecido en la etapa anterior con el fin de dar

solución al problema de investigación planteado. Se desarrollaron entonces las siguientes fases:

- Fase 0 o Preliminar: Procesamiento de los datos históricos proporcionados por la empresa.
- Fase 1: Diagnóstico, clasificación y cuantificación de las actividades y tiempos que toma el proceso de cambio de bobina.
- Fase 2: Identificación y separación de las actividades internas y externas que forman parte del proceso de cambio de bobina.
- Fase 3: Convertir las actividades internas en externas.
- Fase 4: Refinar todos los aspectos de la operación.
- Fase 5: Estandarizar el nuevo procedimiento de cambio de bobina.

7.3 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En esta última etapa, la cual tuvo una duración de una semana, se realizó el análisis, evaluación y presentación de los resultados obtenidos en el desarrollo de la etapa anterior, se buscó determinar si al terminar el proyecto se cumplieron los objetivos propuestos al inicio del mismo y se presentaron las conclusiones y sugerencias a las situaciones encontradas en el proceso abordado dentro de la planta de producción. Además se realizó una etapa de supervisión e implementación de un gráfico de control para mantener el método en el tiempo.

8. DESARROLLO DEL PROYECTO

El presente capítulo contiene la implementación completa de la metodología SMED para lograr la disminución del tiempo en el proceso de cambio de bobina. A través de la ejecución de cada una de sus fases, se muestra paso a paso los avances del proyecto, la forma como se dio cumplimiento a los objetivos específicos del mismo y los diferentes hallazgos surgidos en el camino a completar el *objetivo general*³⁸.

8.1 GRUPO DE TRABAJO

Para el desarrollo de este proyecto se contó con un grupo de trabajo conformado por colaboradores del área de Ingeniería Industrial y Conversión con grados de escolaridad diferentes y con puestos de diferentes niveles dentro de la empresa. Entre ellos se encuentran los Ingenieros de mejoramiento de procesos, el Superintendente de conversión, los Supervisores conversión, Operarios y auxiliares de rebobinadoras y practicantes de ingeniería Industrial.

8.2 OBSERVACIONES OBTENIDAS

En este numeral se da cumplimiento al *objetivo específico número 1*³⁹ y constituye la fase cero o preliminar de la ejecución del proyecto.

³⁸ Aplicar la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) en el proceso de cambio de bobina de semielaborado de la máquina rebobinadora de papel higiénico en la empresa Papeles Nacionales S.A.

³⁹ Establecer el tiempo promedio actual que tarda un cambio de bobina de semielaborado en la rebobinadora de papel higiénico en la cual se realizará el estudio.

La empresa papelera cuenta dentro de su planta de producción con un sistema de medición de tiempos perdidos el cual tiene diferentes indicadores. Principalmente está el indicador que muestra el total de tiempo que la máquina se encuentra detenida, este sistema registra cada una de las paradas que se dan en la máquina, así mismo requiere que el operario ingrese un código de parada, que para interés del proyecto será el que corresponde al Cambio de bobina, y da la opción al operario de ingresar un comentario para informar alguna situación externa a lo habitual que genere retrasos en la actividad realizada.

La empresa suministró una base de datos con todos los registros que se encontraban en el sistema desde el mes de Marzo hasta el mes de Mayo, esta información fue procesada para obtener los registros de interés siguiendo los siguientes pasos:

1. Filtrar la información por la línea en la cual se estaba aplicando el estudio y por el código correspondiente al cambio de bobina.
2. Leer los comentarios registrados por los operarios para definir si el cambio de bobina se catalogaba como “exitoso” o “fracaso”.

Se definió un cambio de bobina “exitoso” cuando no se registraban anomalías en las actividades que realizaban los operarios, es decir, que no había un reventón en el papel, no se debía enhebrar de nuevo la hoja o no se presentaban problemas de atascamiento de la máquina al momento de liberar los ejes; si el comentario informaba la aparición de alguno de estos factores, el cambio de bobina era considerado entonces un “fracaso”.

3. Depurar los registros.

Los cambios catalogados como fracasos no fueron tomados en cuenta ya que se convertían en datos atípicos, además, al tener identificadas las causas fue posible disminuir la variación al ser eliminados.

4. Obtener el tiempo promedio.

Al depurar los registros del histórico de tres meses se encontró que el tiempo promedio que la máquina se encontraba parada debido a un cambio de bobina exitoso era de 4 minutos 30 segundos. Se recuerda que para la realización de un cambio se cuenta con el apoyo del operario y del auxiliar de la rebobinadora donde se está haciendo el estudio y que el tiempo obtenido es el que la máquina dura parada, por ende se toma como un tiempo lineal y no como un tiempo perdido por persona.

8.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el tratamiento de la información obtenida durante el desarrollo del proyecto se utilizó el software Microsoft Excel como herramienta para el registro, procesamiento y análisis de los datos, debido a que permite el desarrollo de hojas de cálculo y la utilización de las fórmulas y funciones matemáticas y estadísticas necesarias para la organización y el manejo de la información en los diferentes niveles.

En las últimas etapas del proyecto también se hizo uso de otras herramientas del paquete Microsoft Office como es el caso del procesador de texto Microsoft Word y el programa de presentaciones Microsoft Power Point para la elaboración de informes e instructivos que permitieron el desarrollo de la etapa de implementación

de la técnica y la comunicación de los resultados del proyecto a todo el personal involucrado.

8.4 FASES DE IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA SMED

8.4.1 Fase 1: Diagnóstico, clasificación y cuantificación de las actividades y tiempos que toma el proceso de cambio de bobina

El desarrollo de las fases 1 y 2 de la implementación dan cumplimiento el *objetivo específico número 2*⁴⁰.

En esta fase se observó el proceso de cambio de bobina de semielaborado en la rebobinadora de papel higiénico por un período de dos semanas consecutivas, durante el turno de la mañana y el de la tarde, a fin de observar el método empleado por cada uno de los grupos que forman parte del cuadro de rotación que se maneja en la planta y que se compone de operario y auxiliar de rebobinadora cada uno, con el fin de identificar que actividades realizaban las personas dentro de cada uno de ellos, esta fase de observación permitió determinar que durante un cambio de bobina cada grupo tenía formas diferentes de realizar el trabajo y que a pesar de que las actividades eran las mismas, la forma de distribuir las entre el operario y el auxiliar era diferente, al igual que el orden de ejecución. Se realizó la filmación del cambio de bobina en los diferentes grupos del cuadro de rotación⁴¹ como soporte a las observaciones realizadas, con base en las filmaciones se realizó el análisis del proceso actual, se identificaron las actividades necesarias

⁴⁰ Determinar las actividades que hacen parte del proceso de cambio de bobina de semielaborado en la rebobinadora de papel higiénico y clasificar las que se realizan con la máquina en marcha y las que se realizan con la máquina detenida.

⁴¹ Por políticas de confidencialidad los videos del cambio de bobina no hacen parte de la entrega de este proyecto.

para realizar el cambio y se clasificaron los desplazamientos de éstas entre los que generan y los que no generan valor al proceso.

Se obtuvo como resultado la siguiente lista de actividades:

No.	ACTIVIDAD
1	Alistamiento de bobina nueva.
2	Detener la máquina.
3	Disminuir la presión de los punzones a cero.
4	Bajar las correas desenrolladoras.
5	Liberar el core de la bobina terminada.
6	Cortar la hoja de la bobina terminada.
7	Ubicar la bobina nueva en el desenrollador.
8	Aumentar la presión de los punzones.
9	Hacer el empate de la bobina nueva.
10	Subir las correas desenrolladoras.
11	Iniciar la maquina a velocidad baja.
12	Mantener la tensión acorde para que no se rompa el papel.
13	Incrementar la velocidad de la rebobinadora.

Tabla 1: Cantidad de actividades necesarias para realizar el cambio de bobina de semielaborado

Para la clasificación de los desplazamientos entre los que aportan y no aportan valor, se realizó el diagrama de desplazamientos que realizaban los operarios y los auxiliares en el proceso de cambio de bobina en el desenrollador en el cual se encontraban trabajando, identificando los recorridos que debían a hacer y verificando si eran o no necesarios, obteniendo el siguiente resultado:

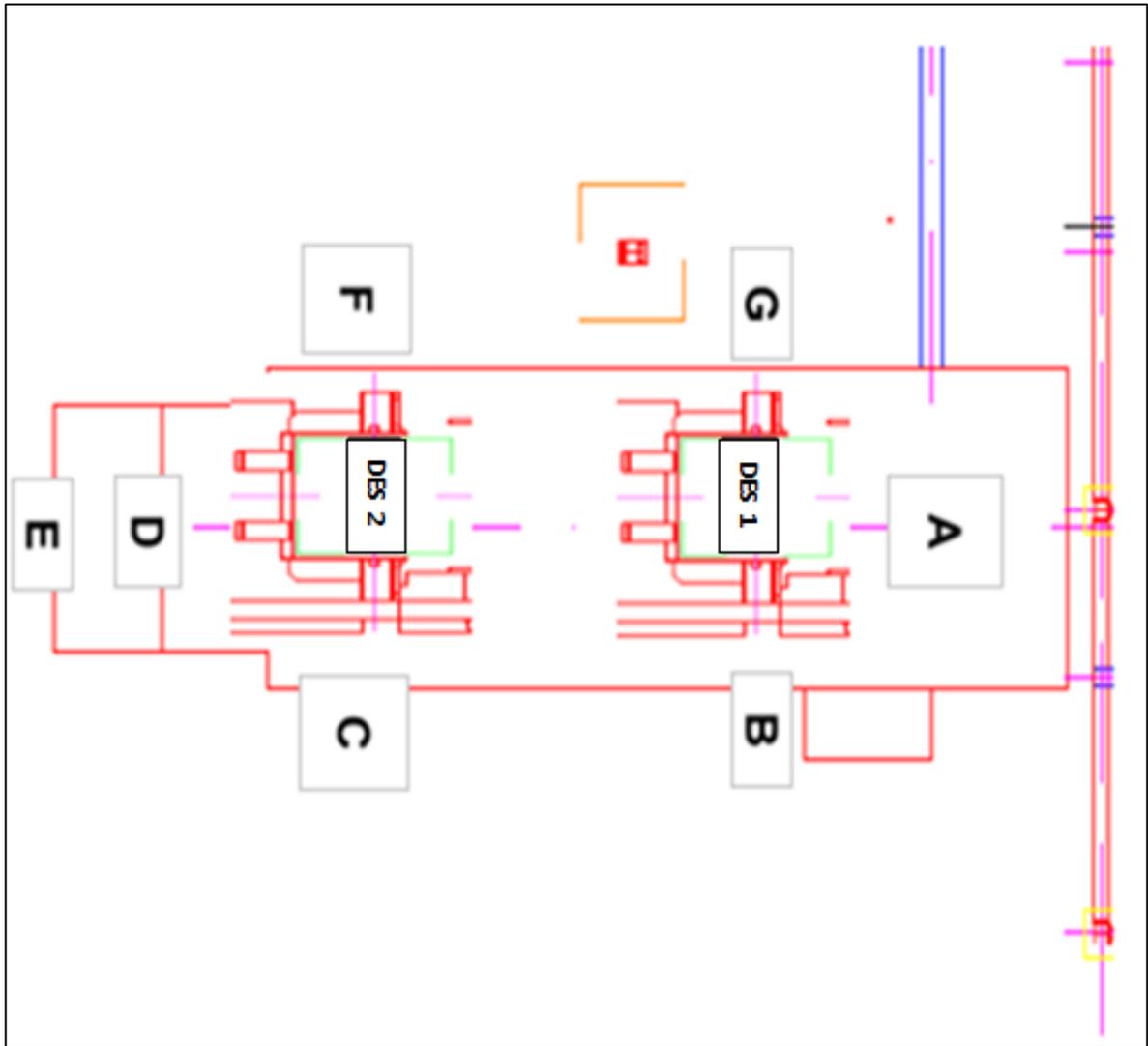


Ilustración 1: Diagrama de desplazamientos realizados por Operario y Auxiliar durante el cambio de bobina en la rebobinadora de papel

- **Desenrollador 1:**

Los desplazamientos identificados durante un cambio de bobina de semielaborado en el desenrollador uno de la rebobinadora de papel por cada persona del equipo fueron:

OPERARIO				
Origen	Destino	¿Necesario?	Tiempo	Comentario
A	B	SI	00:00:10	Liberar presión de punzones y correas
B	C	NO	00:00:07	Liberar polipasto
C	B	NO	00:00:07	Retomar actividad presión
B	A	SI	00:00:10	Acelerar máquina

Tabla 2: Desplazamientos realizados por el Operario durante un cambio de bobina en el Desenrollador

1

AUXILIAR				
Origen	Destino	¿Necesario?	Tiempo	Comentario
A	B	NO	00:00:10	Ubicar bobina
B	G	NO	00:00:12	Ayudar a posicionar bobina
G	B	SI	00:00:12	Enhebrar papel

Tabla 3: Desplazamientos realizados por el Auxiliar durante un cambio de bobina en el Desenrollador 1

- **Desenrollador 2:**

Los desplazamientos identificados durante un cambio de bobina de semielaborado en el desenrollador dos de la rebobinadora de papel por cada persona del equipo fueron:

OPERARIO				
Origen	Destino	¿Necesario?	Tiempo	Comentario
A	C	SI	00:00:16	Liberar presión punzones y correas
C	D	NO	00:00:07	Tomar bobina con polipasto
D	C	NO	00:00:07	Posicionar bobina
C	A	SI	00:00:16	Arranque máquina

Tabla 4: Desplazamientos realizados por el Operario durante un cambio de bobina en el Desenrollador

2

AUXILIAR				
Origen	Destino	¿Necesario?	Tiempo	Comentario
A	D	NO	00:00:20	Elevar bobina (no efectivo)
D	F	NO	00:00:07	Golpear punzón
F	E	NO	00:00:08	Inactividad
E	C	NO	00:00:08	Romper hoja
C	D	NO	00:00:07	Retirar hoja
C	B	SI	00:00:07	Sostener danzarín

Tabla 5: Desplazamientos realizados por el Auxiliar durante un cambio de bobina en el Desenrollador 2

8.4.2 Fase 2: Identificación y separación de las actividades internas y externas que forman parte del proceso de cambio de bobina

En esta fase se realizó la separación de las actividades con el apoyo de las filmaciones y del trabajo realizado en la fase anterior en “Actividades Internas” o

aquellas que debían realizarse con la máquina parada y “Actividades Externas” o aquellas que podían realizarse con la máquina en operación. La clasificación anterior también permitió identificar la existencia de actividades internas que podían ser convertidas en externas y actividades que podían ser eliminadas al no generar valor al proceso.

Como resultado de la separación de las actividades se obtuvo la siguiente tabla:

No.	ACTIVIDAD	EXT	INT	DURACIÓN
1	Alistamiento de bobina nueva.	X		00:05:37
2	Detener la máquina.		X	00:00:00
3	Disminuir la presión de los punzones a cero.		X	00:00:02
4	Bajar las correas desenrolladoras.		X	00:00:03
5	Liberar el core de la bobina terminada.		X	00:00:05
6	Cortar la hoja de la bobina terminada.		X	00:00:05
7	Ubicar la bobina nueva en el desenrollador.		X	00:00:48
8	Aumentar la presión de los punzones.		X	00:00:02
9	Hacer el empate de la bobina nueva.		X	00:00:10
10	Subir las correas desenrolladoras.		X	00:00:03
11	Iniciar la maquina a velocidad baja.		X	00:01:33
12	Mantener la tensión acorde para que no se rompa el papel.	X		00:00:15
13	Incrementar la velocidad de la rebobinadora.		X	00:00:06

Tabla 6: Clasificación de actividades Internas y Externas en el proceso de cambio de bobina

Esta tabla no contempla el tiempo total de los recorridos realizados por el operario y el auxiliar de la rebobinadora, pues se realizan simultáneamente. Mediante los tiempos de desplazamientos encontrados en la fase anterior, se estimó que el tiempo de recorridos es de alrededor de 1 minuto y 30 segundos. No se da un

tiempo puntual promedio debido a que en esta fase cada grupo se repartían estas actividades de diferentes formas y en ocasiones cambiaban su ruta entre un destino y otro.

En esta fase se encontró que para una calidad específica se usan ejes de 3 pulgadas en los dos desenrolladores de la máquina y actualmente se cuenta únicamente con un solo par de estos, lo que hace que la actividad número 1 referente al alistamiento de bobina, que para el resto de calidades se cuenta como un proceso externo, se convierta en un proceso interno. Para dar solución a este inconveniente se propuso un plan de acción que será evaluado por la empresa. Esta propuesta será explicada a profundidad en el numeral 11.

8.4.3 Fase 3: Convertir las actividades internas en externas

En este numeral se da cumplimiento al *objetivo específico número 3*⁴².

Luego de revisar las actividades que se realizaban con la máquina parada se clasificaron todas como internas. Al analizar cuáles de estas actividades podrían convertirse en externas se encontró que todas deben ser realizadas con la máquina detenida y por ende no se pueden eliminar, pero si se pueden disminuir los tiempos de ejecución mediante métodos de preparación previa o un cambio de procedimiento.

⁴² Identificar las actividades necesarias e innecesarias dentro del método actual de cambio de bobina de semielaborado en la máquina rebobinadora de papel higiénico.

8.4.4 Fase 4: Refinar todos los aspectos de la operación

Para disminuir los tiempos de las actividades internas se generaron propuestas de mejora las cuales se evaluaron mediante pruebas para corroborar su efectividad, aquellas que presentaron problemas o aumentaron el tiempo se descartaron.

No.	ACTIVIDAD INTERNA	REDUCCIÓN	NUEVO TIEMPO	IDEA DE MEJORA
2	Detener la máquina.		00:00:00	
3	Disminuir la presión de los punzones a cero.		00:00:02	
4	Bajar las correas desenrolladoras.		00:00:03	
5	Liberar el core de la bobina terminada.		00:00:05	
6	Cortar la hoja de la bobina terminada.		00:00:05	
7	Ubicar la bobina nueva en el desenrollador.	00:00:18	00:00:30	Pre ubicar bobina sobre desenrollador.
8	Aumentar la presión de los punzones.		00:00:02	
9	Hacer el empate de la bobina nueva.		00:00:10	
10	Subir las correas desenrolladoras.		00:00:03	
11	Iniciar la maquina a velocidad baja.	00:00:23	00:01:10	Unir hojas en desenrollador 2 con cinta.
13	Incrementar la velocidad de la rebobinadora.		00:00:06	

Tabla 7: Reducción de tiempo en actividades internas mediante propuestas de mejora.

Evaluación de las propuestas de mejora:

Se realizaron pruebas en la rebobinadora en la que se aplicó el estudio ejecutando las dos opciones que se tenían para disminuir los tiempos de las actividades internas.

1. Unir las hojas de papel en el desenrollador 2 con cinta repulpable (cinta con adhesivo en ambas caras):

Al socializar este método con los operarios se vieron interesados y colaboraron con el cambio del método de unión de las hojas. Al aplicarlo se encontró que dependiendo de la calidad podría funcionar, pues en algunas corridas de producción se usaba una bobina doble hoja en la cual se necesitaba pegar la cinta en las dos hojas y eso implicaba mayor tiempo de preparación y mayor concentración. Además, debido a la ubicación de la línea en la planta era afectada por una corriente de viento en el pie de máquina donde se alistaba la bobina para el cambio, esto ocasionaba que la hoja se levantara y al quitar el plástico de la cinta repulpable se pegaba con otras partes de la hoja generando reprocesos en este alistamiento. Después de aplicar en repetidas ocasiones el método del empalme, se encontró que la mayoría de los cambios fueron “fracasos” pues se atoraban en el recorrido de la rebobinadora o generaban reventones incrementando el tiempo de parada de máquina y entorpeciendo el proceso de cambio de bobina, por esta razón esta opción se eliminó y se siguió aplicando el método del nudo que se utilizaba anteriormente.

2. Pre ubicar la bobina sobre el desenrollador en el cual se iba a realizar el cambio:

Los colaboradores tienen un proceso de preparación de bobina en el pie de máquina el cual consiste en dejarla lista para el cambio. En el momento en que

empieza el proceso de cambio de bobina, estando la maquina parada, la bobina se encuentra en el pie de máquina y es trasladada mediante un polipasto hasta el desenrollador en el cual se va a realizar el cambio. La propuesta entonces consistía en que antes de detener la máquina y cumpliendo con la norma de no tener cargas suspendidas en el aire por más de dos minutos, desplazarán la bobina desde el pie de máquina hasta la parte superior del desenrollador en el cual se estaba realizando el proceso, disminuyendo así el tiempo de desplazamiento con la máquina detenida y por ende el cambio de bobina en general. Al aplicar este método el resultado fue muy conveniente pues no se tuvo ninguna restricción y se determinó que es una operación que puede ser realizada por cualquiera de los dos operarios que se encuentran en la rebobinadora. Esta operación se incluye en el nuevo método de cambio de bobina.

8.4.5 Fase 5: Estandarizar el nuevo procedimiento de cambio de bobina

En este numeral se da cumplimiento a los *objetivos específicos* 4⁴³, 5⁴⁴ y 6⁴⁵.

Luego del análisis de las actividades y del estudio de las filmaciones se encontró que cada grupo tenía su propia forma de realizar el cambio de bobina, entre el operador y auxiliar se delegaban las actividades a medida que se iba realizando el proceso lo cual generaba que realizaran un cambio de una forma y al siguiente de otra manera y así en diferentes repeticiones, causando tiempos improductivos en los desplazamientos y en momentos donde se detenían para conversar y repartirse de manera correcta las funciones a realizar. Para estandarizar el

⁴³ Diseñar el nuevo método para el cambio de bobina basado en la metodología SMED y documentar el nuevo procedimiento de cambio para la máquina rebobinadora de papel higiénico.

⁴⁴ Socializar e implementar el nuevo método para el cambio de bobina de semielaborado en la máquina rebobinadora de papel higiénico.

⁴⁵ Reducir en un 35% el tiempo promedio de cambio de una bobina de semielaborado en la máquina rebobinadora de papel higiénico, tomando como base el tiempo promedio actual.

proceso de cambio de bobina realizado por todos los operarios se aplicó la metodología conocida como división del trabajo, con la cual se obtuvo como resultado la siguiente tabla:

	DIVISIÓN DEL TRABAJO				
	OPERARIO	TIEMPO PARCIAL	TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO PARCIAL	AUXILIAR
PREELIMINAR			00:00:14	00:00:14	Elevar bobina aproximándola al desenrollador
			00:00:05	00:00:05	Situarse junto a los mandos de control de presiones
DURANTE EL CAMBIO	Parar la máquina	00:00:01	00:00:01		
	Dirigirse al desenrollador		00:00:05	00:00:05	Disminuir la presión de los punzones a cero
	Situación bobina en desenrollador	00:00:26	00:00:26	00:00:03	Bajar las correas desenrolladoras
				00:00:02	Liberar Core
				00:00:05	Realizar corte de la hoja terminada
	Retirar parcialmente polipasto	00:00:04	00:00:15	00:00:15	Enhebrar hojas. Unir las hojas con nudo
	Elevar presión de punzones y subir correas desenrolladoras	00:00:04	00:00:04		
	Iniciar arranque de máquina	00:01:10	00:01:10	00:01:10	Mantener la tensión acorde para que no se rompa el papel.
POST		-	-	-	Retirar totalmente polipasto
TIEMPO EFECTIVO ESTIMADO			00:02:20		

Tabla 8: División de actividades para operario y auxiliar de rebobinadora.

El tiempo efectivo estimado para realizar el cambio de bobina de semielaborado luego de refinar las actividades del proceso y dividirlos entre el operario y el auxiliar de la máquina fue de 2 minutos 20 segundos. Tomando como base un rendimiento del 80% se determinó que el tiempo promedio de cambio de bobina debía establecerse en 3 minutos.

El cálculo realizado para deducir el tiempo promedio afectado por el rendimiento es el siguiente:

$$T.P = \frac{T.E}{Eficiencia} = \frac{2.33 \text{ minutos}}{0.80} = 2.91 \text{ minutos} \approx 3 \text{ minutos}$$

T.P = Tiempo promedio de cambio de bobina. [min]

T.E = Tiempo efectivo estimado para el cambio de bobina. [min]

Eficiencia = rendimiento del trabajador.

- **Documentación del nuevo método:**

Luego de estructurar la nueva secuencia de actividades para la estandarización del método de cambio de bobina, se procedió a la documentación del nuevo proceso mediante la elaboración del instructivo (ver Anexo A), el cual fue entregado a la empresa como resultado de la implementación y se utilizó como herramienta de capacitación para todos los operarios y auxiliares de la rebobinadora del cuadro de rotación manejado por la empresa.

- **Socialización e Implementación del nuevo método:**

Se realizó acompañamiento durante los tres turnos laborales por un período de tres semanas consecutivas de lunes a viernes, para lo cual se contó con la ayuda de otro practicante de ingeniería industrial para garantizar una persona en cada turno. Durante este período se socializó el nuevo método de cambio de bobina con todos los operarios del cuadro de rotación utilizando como herramienta el instructivo elaborado para la implementación del método estandarizado (ver Anexo A), se asesoraron y supervisaron cada uno de los cambios ocurridos y se retroalimentó con operarios y auxiliares de la máquina luego de cada episodio para corregir fallas e imprecisiones y se realizó control sobre los tiempos de cambio registrados en el sistema para verificar que cada cambio fuera acorde al tiempo promedio establecido luego de la implementación.

- **Control del nuevo método:**

Con la finalidad de establecer un control sobre el método luego de implementada la mejora para garantizar su permanencia en el tiempo, se diseñó un gráfico de control que permite conocer el promedio de tiempo de cambio de bobina de semielaborado alcanzado por cada grupo en un período semanal y conocer el rendimiento de cada uno respecto al tiempo promedio estandarizado. La gráfica es actualizada semanalmente y es de conocimiento de operarios y supervisores con el fin de que cada grupo conozca su progreso y adopten medidas de ser necesario para el mejoramiento del mismo.

Además se implementó un método de calificación visual por medio de iconos que indica a los operarios si tuvieron un buen o un mal promedio durante el período evaluado, se observó una respuesta positiva por parte del personal, el cual adoptó en esta manera una forma de comparar los resultados entre grupos, fomentando un clima de retroalimentación y sana competencia.

Los iconos empleados son:



El tiempo promedio obtenido es igual o menor al tiempo promedio objetivo.



El tiempo promedio obtenido es mayor al tiempo promedio objetivo.

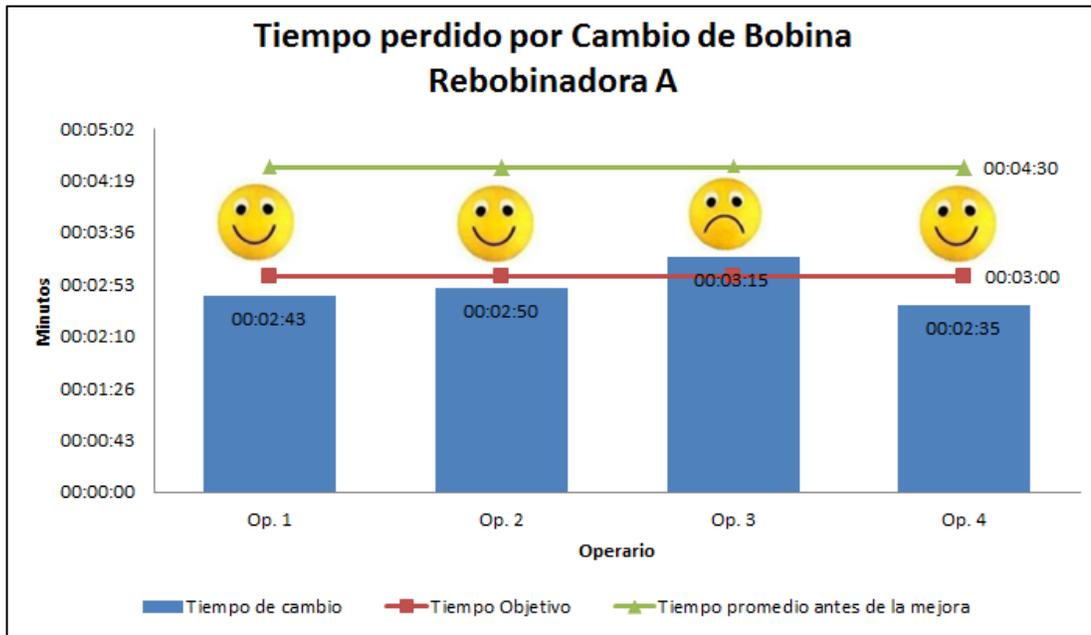


Ilustración 2: Gráfica de control del tiempo perdido por Cambio de bobina de semielaborado

La gráfica se realiza descargando la información del sistema de medición de tiempos perdidos, el cual genera una hoja de cálculo con todos los registros que se hayan realizado en un periodo de tiempo ingresado, para este caso una semana. Luego se procede a filtrar por máquina rebobinadora y posteriormente por código, para este caso el referente al cambio de bobina. Se observa si los registros tienen o no comentario pues de este depende el éxito o el fracaso que tenga en el proceso. Para elaborar el gráfico solo se toman los registros exitosos y se calculan los promedios de cada grupo y el promedio objetivo que para este caso es de 3:00.

9. RESULTADOS

Actualmente tenemos acceso a la base de datos que genera el sistema de tiempos perdidos que tiene la empresa papelera. Se descargaron los registros correspondientes al mes siguiente luego de terminar la fase de aplicación y supervisión, se aplicó el mismo procedimiento para hallar el tiempo promedio actual que se utilizó para hallar el tiempo promedio inicial obteniendo como resultado un tiempo de 3 minutos 3 segundos.

9.1 AHORRO

Al finalizar cada mes, desde mediados del mes de Julio, se genera un indicador de efectividad del método aplicado en el cambio de bobina de semielaborado en la máquina rebobinadora de papel higiénico de la empresa papelera, obteniendo como resultado el ahorro que genera directamente el tiempo perdido que se pudo reducir. Este ahorro generado se deriva de los costos no productivos que se disminuyen al aumentar el tiempo de operación de la máquina y del total de cajas producidas de más al disminuir los tiempos no productivos.

9.1.1 Cálculo de costos fijos

La máquina genera unos costos fijos que no son productivos mientras se encuentra parada, el ahorro que se tiene es en la variación del tiempo inicial de cambio de bobina y el tiempo objetivo que se planteó.

- CFM = Costos fijos de la máquina por hora. [\$/h]

- NCM = Numero de cambios al mes. [veces/mes]
- TPC = Tiempo promedio del cambio de bobina establecido al inicio del estudio en minutos. [min/vez]
- TCO_i = Tiempo promedio del cambio de bobina en el mes actual en minutos. [min/vez]
- ACF = Ahorro costos fijos al mes. [\$/mes]

$$ACF = \frac{NCM * (TPC - TCO_i) * CFM}{60}$$

9.2 AUMENTO DE PRODUCCIÓN

Al disminuir los tiempos no productivos el número de cajas que se produce por hora aumenta, este es un ingreso que aumenta debido a la aplicación del proyecto.

9.2.1 Cálculo para el aumento de la producción

- COH = Cajas objetivo promedio por hora con disminución de eficiencia. [Cajas/hora]
- NCM = Numero de cambios al mes. [veces/mes]
- TPC = Tiempo promedio del cambio de bobina establecido al inicio del estudio en minutos. [min/vez]
- TCO_i = Tiempo promedio del cambio de bobina en el mes actual en minutos. [min/vez]
- MC = Margen promedio por caja. [\$/caja]

- IM = Incremento mensual. [\$/mes]

$$IM = \frac{NCM * (TPC - TCO_i) * MC * COH}{60}$$

10. CONCLUSIONES

- Con la aplicación de la metodología Smed y el método de división del trabajo para el cambio de bobina de semielaborado en una máquina rebobinadora de papel higiénico en la empresa Papeles Nacionales S.A se pudo reducir el tiempo de esta operación en un 32% (183 segundos con SMED versus 270 segundos sin SMED).
- Además, se encontraron diferentes inconvenientes que generan que la actividad de cambio de bobina fracase o se vea afectada como el problema que tienen los punzones para liberar los ejes o la falta de un eje de 3 pulgadas extra en la calidad específica que utiliza ambos desenrolladores. Para estos inconvenientes se generaron diferentes planes de acción que quedan a disposición de la empresa y los cuales son explicados en el numeral número 11.
- Los operarios, auxiliares y supervisores del área de conversión notaron el cambio que se dio gracias a la aplicación del método y se comprometieron a mantener en el tiempo el estándar que se había establecido. Se pudo demostrar que aunque se tenga una inversión económica baja se puede desarrollar e implementar un proyecto que genere una mejora continua en la planta.
- El proyecto generó en total \$41.000.000 los cuales están divididos en los costos fijos que presentaba la maquina en el momento en que se encontraba detenida y en el aumento de cajas producidas en la línea de producción.⁴⁶

⁴⁶ Por políticas de privacidad de la empresa solo se enseña la cifra total obtenida del ahorro y el aumento de la producción, los cálculos utilizados para determinarla se especifican en los numerales 9.1.1 y 9.2.1.

11. RECOMENDACIONES

- Durante la etapa de ejecución del proyecto se identificaron problemas de atascamiento del sistema de punzones al momento de liberar los ejes, situación que genera tiempos de cambio elevados, interviniendo con la práctica del método y la estandarización del tiempo de cambio. Se recomienda la revisión de este sistema por parte de mantenimiento mecánico.
- Fomentar la cultura 5S's a todo el personal relacionado con el manejo de la rebobinadora a fin de mantener un ambiente de trabajo limpio y ordenado, condiciones que facilitan la realización de su trabajo de manera más eficiente.
- Aprobar la construcción de un par de ejes adicionales para bobinas de tres pulgadas con el fin de permitir el alistamiento previo de la bobina nueva antes de entrar en parada para iniciar el cambio, de esta forma se conseguirá estandarizar el método de cambio de bobina de semielaborado para todos los productos que se producen en la línea.
- Compartir de manera permanente los resultados del gráfico de control semanal con los operarios y auxiliares de la rebobinadora a fin de que puedan ver y autoevaluar su desempeño. Durante el tiempo que se controló el proceso se evidenció que los operarios compartían sus resultados y se comunicaban entre sí, generando un ambiente de sana competencia y mejoramiento continuo.

- Mantener el sistema de control y la reinducción constante del método estandarizado a todo el personal relacionado con el manejo de la máquina rebobinadora, con el fin de garantizar su correcta ejecución y permanencia en el tiempo.

12. BIBLIOGRAFIA

12.1. LIBROS

- ASOCIACION ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD. Lean Manufacturing. 1 ed. Madrid: Asociación Española para la Calidad, 2007. 64 p.
- CUATRECASAS, Lluís. Lean Management. La gestión competitiva por competencia. Barcelona. Profit Editorial, 2010.366p.
- JONES, Daniel T y WOMACK James P. Lean Thinking: como utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. Gestión 2000, 2012. 504 p.
- LIKER, Jeffrey. The Toyota Way: Fourteen management principles from the world's greatest manufacturer. EE.UU.: McGraw-Hill, 2003. 330 p.
- RAJADELL CARRERAS, Manuel y SANCHEZ GARCIA, José Luis. Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. 1 ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2011. 272 p.
- SHINGO, Shingeo. Una revolución en la producción: el sistema SMED. Estados Unidos: Productivity Press, 1997.

- Universia Business Review. Madrid. Cuarto Trimestre, 2008. No. 20, p. 28-40. ISSN: 1698-5117
- VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. 2 ed. México: Limusa, 2008. 304 p.
- VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing: Guía básica. 2 ed. México: Limusa, 2009. 116 p.

12.2. WEBSITES

- <http://blog.pucp.edu.pe>
- <http://es.wikipedia.org>
- <http://ocw.ub.edu>
- <http://redyseguridad.fi-p.unam.mx>
- <http://www.banrepcultural.org>
- <http://www.definicion.org>
- <http://www.definicionabc.com>
- <http://www.fabioperini.com>
- <http://www.gestiopolis.com>
- <http://www.leanroots.com>
- <http://www.modeladoingenieria.edu.ar>
- <http://www.papelesnacionales.com>
- <http://www.ucema.edu.ar>