

**PROPUESTA DE REDUCCION DE TIEMPOS MEDIANTE LA HERRAMIENTA SMED
PARA DISMINUIR LA DURACIÓN DEL PROCESO DE MONTAJE EN EL AREA DE
PRODUCCION EN UNA EMPRESA DE FABRICACION DE TUBERIA EN PRFV.**

**LUISA FERNANDA HURTADO MALAGON
MAURICIO BANQUEZ MERLANO**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS
2020**



**PROPUESTA DE REDUCCION DE TIEMPOS MEDIANTE LA HERRAMIENTA SMED
PARA DISMINUIR LA DURACIÓN DEL PROCESO DE MONTAJE EN EL AREA DE
PRODUCCION EN UNA EMPRESA DE FABRICACION DE TUBERIA EN PRFV.**

LUISA FERNANDA HURTADO MALAGON

MAURICIO BANQUEZ MERLANO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

ASESOR DISCIPLINAR

JAIRO BLANCO CAMACHO

ASESOR METODOLÓGICO

MARIA MERCEDES SUAREZ

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS
2020**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jairo Blanco Camacho

María Mercedes Suarez

Cartagena y Fecha (04 – 02 - 2021) (Fecha de entrega)

Tabla de contenido

1.	Título del proyecto	10
2.	Resumen del proyecto	10
3.	planteamiento del problema.....	10
3.1	Estado inicial.....	13
3.2	Análisis de causas	16
3.3	Análisis de consecuencias.....	18
3.4	Estado final	19
3.5	Pregunta de investigación	19
4.	Justificación	19
5.	Revisión literaria	20
5.1	Marco teórico	20
5.2	Estado del arte / Antecedentes	29
5.3	Marco conceptual.....	32
6.	Objetivos.....	35
6.1	Objetivo general.....	35
6.2	Objetivos específicos	35
7.	Metodología.....	35
7.1	Tipo de investigación.....	35
7.2	Poblacion y muestra.....	35
7.2.1	Fuentes, metodos y mecanismos de recoleccion de informacion.....	36
8.	Desarrollo de objetivos de investigación.....	39
8.1	Capítulo 1: Diagnóstico del proceso de montaje de la máquina b3.....	39
8.1.1	Proceso general de montaje tubería en grp operado por la máquina b3 simbología a utilizar.....	39
8.1.2	Diagrama de recorrido.....	39
8.1.3	Tiempos teóricos definidos del montaje.....	41
8.1.4	Cursograma analítico de montaje.....	42
8.1.5	proceso especifico de montaje de tubería en grp operado por la máquina b3.....	46
8.2	Capítulo 2: Diseño de un modelo smed.....	50
8.2.1	Metodología de aplicación smed.....	50

8.2.1.1	Etapa preliminar.....	51
8.2.1.2	Secuencia de actividades.	52
8.2.1.3	Etapa 1: Separar las actividades internas y externas.....	57
8.2.1.3	Etapa 2: Convertir las actividades internas en externas.....	60
8.2.1.4	Etapa 3: Perfeccionar el proceso de las actividades internas.....	61
8.3	Capítulo 3: Simulación de la herramienta smed	66
9.	Recomendaciones	86
10.	Conclusiones.....	87
11.	Anexo	87
12.	Bibliografía.....	91

LISTA DE GRAFICOS

<i>Gráfico 1: Mapa de p</i>	<i>Gráfico 8: Diagrama Hombre - Máquina sin SMED.....</i>	<i>46</i>
<i>Gráfico 9: Diagrama de Gantt - proceso de montaje.....</i>		<i>57</i>
<i>Gráfico 10: Diagrama Gantt Proceso mejorado.....</i>		<i>63</i>
<i>rocesos Otek Central S.A.S.....</i>		<i>11</i>
<i>Gráfico 2: Tiempos de montaje por diámetro.....</i>		<i>13</i>
<i>Gráfico 3: Indicador de montajes Otek.....</i>		<i>14</i>
<i>Gráfico 4: Diagrama de Pareto.....</i>		<i>17</i>
<i>Gráfico 5: Simbología diagramas de proceso.....</i>		<i>39</i>
<i>Gráfico 6: Diagrama de recorrido.....</i>		<i>40</i>
<i>Gráfico 7: Cursograma analítico.....</i>		<i>42</i>

LISTA DE IMAGEN

<i>Imagen 1: Espina de pescado</i>	16
<i>Imagen 2: Simbolización de diagrama de proceso</i>	27
<i>Imagen 3: Diagrama de recorrido</i>	27
<i>Imagen 4: Cursograma analítico</i>	28
<i>Imagen 5: Diagrama Hombre-Maquina</i>	28
<i>Imagen 6: Maquina sin montaje</i>	53
<i>Imagen 7: Representación del camplate</i>	54
<i>Imagen 8: Representación de montaje de vigas</i>	54
<i>Imagen 9: Representación del mandril</i>	55
<i>Imagen 10: Representación gráfica del layout en Flexsim - Vista general</i>	67
<i>Imagen 11: Process Flow del diagrama Hombre - Máquina sin SMED</i>	71
<i>Imagen 12: Process Flow Hombre - Máquina con SMED</i>	73

LISTA DE TABLA

<i>Tabla 1: Causa de porcentaje de tiempo perdido en montaje.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2: Ficha técnica del Indicador del Cp. (Cumplimiento del plan de producción).....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3: Tiempos de montaje Teóricos.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 4: Resumen de cursograma.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 5: Tabla resumen diagrama máquina-hombre.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 6: Etapas del SMED.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 7: Proceso de montaje.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 8: actividades del montaje antes de aplicar cualquier cambio.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 9: Actividades a convertir a externas.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 10: Reducción de tiempo actividades internas.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 11: Actividades internas y externas aplicando la herramienta SMED.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 12: Vistas de las zonas de producción en Flexsim.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 13: Diagrama Hombre-Máquina sin SMED.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 14: Diagrama Hombre- Máquina con SMED.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 15: Elementos que componen la simulación.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 16: Presentación grafica del proceso de montaje implementando la herramienta SMED.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 17: Plan de acción.....</i>	<i>83</i>

TABLA DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Formato de encuesta</i>	89
<i>Anexo 2: Encuesta realizadas para recolección de datos</i>	89

1. TÍTULO DEL PROYECTO

Propuesta de reducción de tiempos mediante la herramienta SMED para disminuir la duración del proceso de montaje en el área de producción en una empresa de fabricación de tubería en PRFV.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

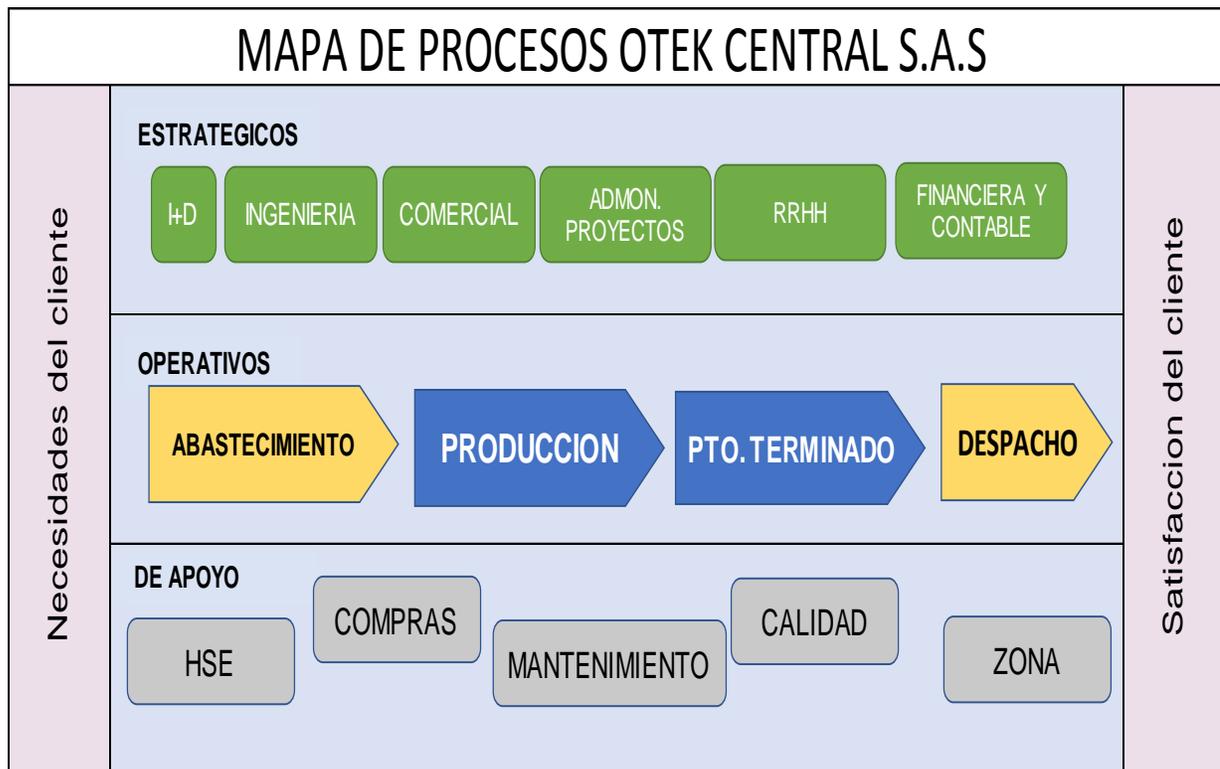
Este proyecto consiste en el diseño de una propuesta de mejora en el proceso de montaje en una empresa de fabricación de tubería en PRFV en la ciudad de Cartagena. Para lograr el objetivo de la investigación se determinan las causas que generan el tiempo excesivo de montaje y se plantea una situación ideal en la que a través de representaciones graficas se determinen estándares que minimicen los tiempos excesivos en el cambio de referencia o montaje de máquina. Para alcanzar el cumplimiento, se llevó acabo los siguientes pasos: primero se realizó un diagnóstico para conocer la situación actual de los montajes en la empresa, luego mediante mecanismos de recolección de datos se identificaron las causas que generaban los retrasos en los montajes, estas fueron analizadas y priorizadas mediante el diagrama de Pareto, para así aplicar la herramienta adecuada para estas causas. Posteriormente se diseñaron las estrategias ideales con el fin de medir el impacto que estas generan mediante la aplicación. Este caso de investigación se enfoca en el proceso de montaje, en el cual fue elegido mediante el aumento del tiempo real de los montajes que impacta de manera negativa en la productividad de la planta. De manera que si no se cumple con los tiempos de montajes se ve afectado el cumplimiento del plan de producción.

PALABRAS CLAVE: Tiempo, Montaje de máquina, Diseño de estrategia.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Otek Central S.A.S se dedica a la fabricación de tubería, accesorios y postes en PRFV y tiene una experiencia de más de 25 años en el campo de fabricación de materiales compuestos con aplicaciones en acueductos, alcantarillados, centrales hidroeléctricas, sistemas de riego, y otros usos de tipo industrial. Esta pertenece al grupo multilatina ORBIS, con presencia en los países de México, Argentina y Colombia. La planta en estudio es la de Colombia y está ubicada en la zona franca parque central, en el municipio de Turbaco sector aguasprietas, muy cerca de la ciudad de Cartagena. Cuenta con aproximadamente 180 trabajadores entre administrativos y operativo, se trabaja en 3 turnos de trabajo de (8 horas) con descanso los días domingo de cada semana. A continuación, se presentará el mapa de procesos general de la empresa Otek Central S.A.S.

Gráfico 1: Mapa de procesos Otek Central S.A.S



Fuente: Propia

Los procesos estratégicos corresponden a los cargos de dirección y gerencia, ofrecen un soporte para la toma de decisiones y le dan la dirección al negocio. Las áreas pertenecientes a este proceso son:

1. **I+D:** Se encarga del diseño, investigación y prueba de nuevos materiales para incluirlos en los procesos productivos.
2. **Ingeniería:** Realiza todo el análisis técnico de los proyectos gestionados por la empresa.
3. **Comercial:** Se encarga de la gestión de ventas y relacionamiento con el cliente, está dividido en zonas, Panamá y Centroamérica, E.E.U.U., entre otras.
4. **Admón. De proyectos:** Se encarga de la gestión jurídica y organizativa del proyecto.
5. **RRHH:** Comprende toda la gestión administrativa de los colaboradores de la empresa.
6. **Financiera y contable:** Gestiona la ejecución y análisis de las finanzas.

Los procesos operativos permiten la generación y transformación del producto bajo las especificaciones del cliente. Dentro de este proceso encontramos:

Abastecimiento: Se encarga de la entrega y control de la materia prima requerida para el proceso productivo.

Producción: Se encarga de la transformación de la materia prima en producto terminado bajo las especificaciones del cliente y/o proveedor Flowtite.

Producto terminado: Se encarga de la recepción y almacenamiento del producto.

Despacho: Se encarga de la gestión documental y aduanera para el despacho del producto terminado.

Los procesos de apoyo permiten dar soporte al proceso operativo, con el fin de garantizar la continuidad de las actividades bajo los estándares de calidad, seguridad y medio ambiente.

HSE: Se encarga de hacer cumplir los requisitos legales y la seguridad de las operaciones del negocio.

Compras: Gestiona las solicitudes internas y negocia con los proveedores los elementos necesarios para el flujo de los procesos operativos y de soporte.

Mantenimiento: Asegura la confiabilidad y disponibilidad de los equipos y de la infraestructura.

Calidad: Asegura el cumplimiento de las especificaciones técnicas dadas por el cliente y por el proveedor de tecnología Flowtite.

Zona franca: Gestiona el proceso de despacho y el control aduanero.

En el subproceso de producción, se encuentran 2 máquinas para la fabricación de la tubería denominadas U2 y B3, en ellas se construye un mandril o molde, donde caen los materiales (resina, fibra y arena) y estos generan la formación del tubo por construcción mediante enrollamiento continuo, la tubería es cortada, calibrada y testeada mediante una prueba de resistencia hidrostática, luego entregada a producto terminado para su almacenamiento y posterior despacho.

La máquina enrolladora B3 se encuentra con un alto aumento de tiempo en el proceso de montaje, en el que sobre pasa los tiempos estándares esta maquina cuenta con una alta ocupación ya que tiene instalado un eje en el cual se puede producir tubería de DN600 a DN300 abarcando la mayor cantidad de referencia posibles, debido a esto es la maquina que se toma como estudio para la implementación del SMED.

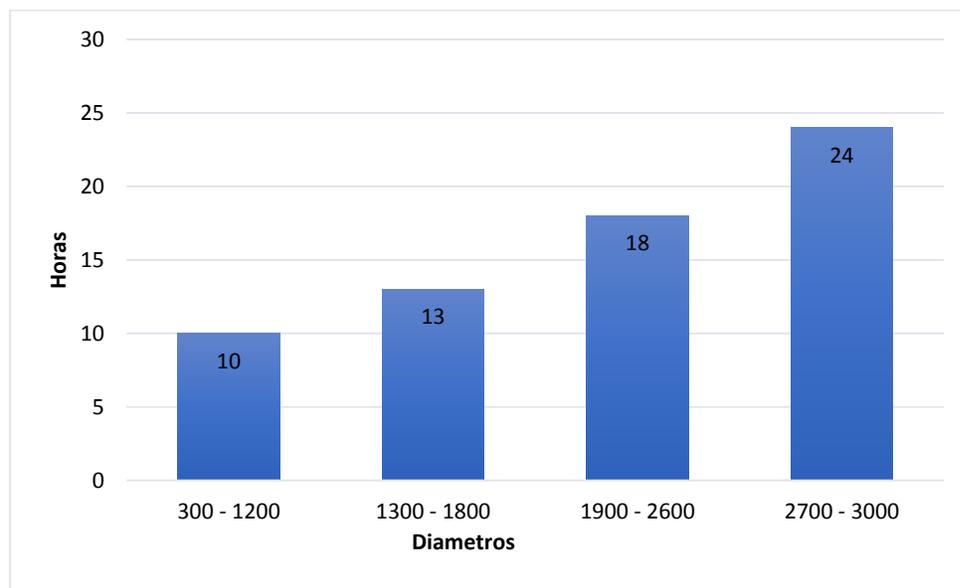
3.1 Estado Inicial

La empresa cuenta con 2 máquinas de producción de tubería y para producir cada diámetro o producto se debe realizar un cambio de formato denominado montaje, el cual consiste en ejecutar una serie de actividades para conformar un mandril que es el “molde” donde se producirá el tubo en PRFV. Cada máquina tiene un eje para producir ciertos rangos de diámetros y dependiendo de la demanda, se decide programar y utilizar una máquina o las dos máquinas. En la máquina B3 se realizan las producciones de DN600mm hasta DN3000mm y en la máquina U2 se realizan producciones de entre DN300 a DN800mm. La máquina objeto de estudio será la máquina B3, ya que durante el tiempo de estudio era la que tenía programada la producción en el plan de producción, siendo así la máquina que más referencias tiene programada en el plan (PDP)., por lo tanto, la mayoría de los datos de tiempos se concentran en esta máquina.

Se decide realizar un análisis de los tiempos reales vs los tiempos teóricos en esta máquina, para comprender el comportamiento del indicador de montaje, tomando como base los tiempos teóricos definidos por la empresa.

Los tiempos estándar de montajes son los siguientes:

Gráfico 2: Tiempos de montaje por diámetro



Fuente: Propia

El anterior diagrama de torta nos muestra los tiempos teóricos de montaje (horas) en rangos de diámetros: de 300 a 1200 el tiempo máximo es de 10 horas, para diámetros de 1300 a 1800 el tiempo es de 13 horas, para diámetros de 1900 a 2600 es de 18 horas, y para 2700 a 3000 es de 24 horas.

Existe un indicador de montajes que permite evaluar y medir tiempo de montaje de cada mes. La meta para el cumplimiento de este indicador es igual o mayor al 85% y para su cálculo se toma el tiempo de montaje teórico y se divide entre el tiempo de montaje real. En el año 2019 este indicador no se cumplió ya que el promedio del año fue de 80,45%, en el año 2020 hasta el mes de julio el indicador lleva de promedio acumulado mensual de 84,86%.

Ecuación 1: Calculo % de cumplimiento tiempo de montaje

$$(Tiempo\ de\ montaje\ teorico)/(Tiempo\ de\ montaje\ Real) \times 100$$

FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR													
Nombre del indicador	TIEMPOS DE MONTAJE							Macroproceso			MANUFACTURA		
								Proceso de 2 nivel			Producción de Tubería		
Meta	≥ 85,00 %							Fórmula			Tiempo teórico de montajes / Tiempo real de montajes		
Frecuencia de Medición	Mensual										Coordinador de Manufactura		
Frecuencia del análisis	Mensual							Responsable del análisis (cargo)			Coordinador de Manufactura		
SEGUIMIENTO Y REPRESENTACIÓN													
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ACUMULADO AÑO
2.020	93,94	92,13	82,49	88,46	76,50	73,00	87,50						84,86
2.019	Solo comparar Acumulado Año												80,45
META	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00

Fuente: Documento de la empresa Otek

Para la muestra de los tiempos seleccionamos los meses de mayo, junio y julio donde evidenciamos los tiempos reales de la maquina B3.

Cuadro 1: Tiempo real vs tiempo teórico

MAYO				JUNIO				JULIO			
MAQUINA B3				MAQUINA B3				MAQUINA B3			
REFERENCIA	TIEMPO REAL	TIEMPO TEORICO	DIFERENCIA	REFERENCIA	TIEMPO REAL	TIEMPO TEORICO	DIFERENCIA	REFERENCIA	TIEMPO REAL	TIEMPO TEORICO	DIFERENCIA
DN700-10 ACOPLS	8:00	10:00	2:00	DN36-150 ACOPLS BIAIAL FB	16:33	10:00	6:33	DN1000-1-500 DUCTOS	8:23	10:00	1:37
DN700-10-5000	10:23	10:00	0:23	DN30-150 ACOPLS	9:07	10:00	0:53	DN2200-6-5000	23:00	18:00	16:03
DN600-10-5000	12:15	10:00	2:15	DN30-150-46	10:23	10:00	0:23	DN30-50 ACOPLS	11:03	10:00	1:03
DN42-100-72 FB	16:15	10:00	6:15	DN600-10	17:00	10:00	7:00	DN30-50 ACOPLS	8:25	10:00	1:35
DN42-100-72 FP	12:42	10:00	2:42		13:00	50:51	38:00	0,75			
DN42-50 ACOPLS	11:50	10:00	1:50	DN36-150 ACOPLS	11:00	10:00	1:00				
DN42-50-46	11:00	10:00	1:00	DN36-50-72	9:00	10:00	1:00				
DN42-50 ACOPLS	11:17	10:00	1:17	DN30-50	11:50	10:00	1:50				
DN600-25-5000	14:24	10:00	4:24	DN30-50-46	9:00	10:00	1:00				
DN600-20-2500	14:15	10:00	4:15	DN600-10 ACOPLS	16:33	10:00	6:33				
DN600-16-2500	8:00	10:00	2:00	600-10-5000	11:17	10:00	1:17				
DN36-150-72	14:23	10:00	4:23	DN36-150 ACOPLS BIAIAL FB	16:50	10:00	6:50				
	144:44	120:00	0,83		151:33	110:00	0,73				

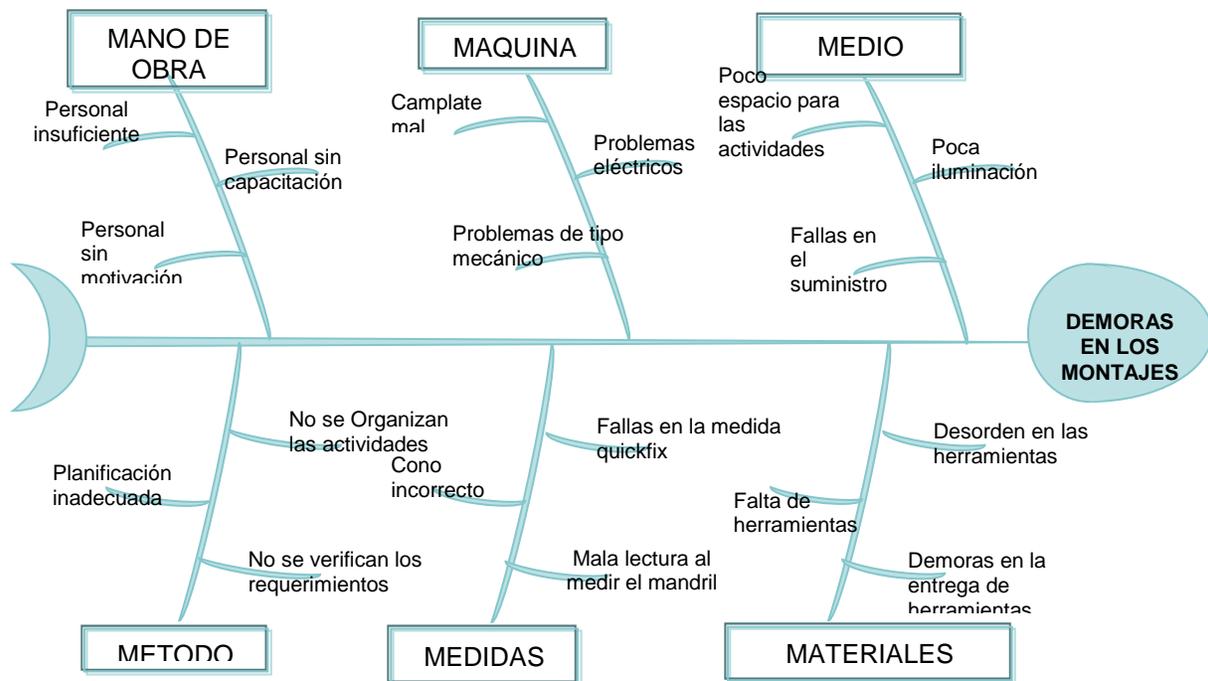
Fuente: propia

El cuadro anterior representa los tiempos teóricos y los tiempos reales del montaje de la maquina enrolladora B3, el cual indica que el cumplimiento del mes de mayo es de un 83%, junio 73% y julio 75%, demostrando que es muy bajo el rendimiento del proceso y no llega al 85% (meta del indicador) de su cumplimiento, ya que solo en estos 3 meses el cumplimiento promedio es de 77%. Analizando estos datos, se puede observar que es necesaria la implementación de nuevas estrategias, como diagramas de proceso, herramientas de mejora continua, entre otras, que ayuden a minimizar el tiempo de montaje y así aumentar el rendimiento del proceso, para obtener mejor cumplimiento.

3.2 Análisis de causas

Para el análisis de causas se realiza inicialmente un diagrama de Ishikawa donde se determina de manera general todas las causas que afectan a los tiempos de montajes basados en las 6m

Imagen 1: Espina de pescado



Fuente: Propia

Luego de representar las causas generales, se realiza una encuesta con el personal de producción, para determinar las causas específicas. Para la recolección de los datos se seleccionó el 80% de las personas que trabajan en el área de producción, con la información recolectada, se realiza un diagrama de Pareto para determinar cuáles son las causas más críticas que generan el mayor porcentaje de pérdida de tiempo en los montajes:

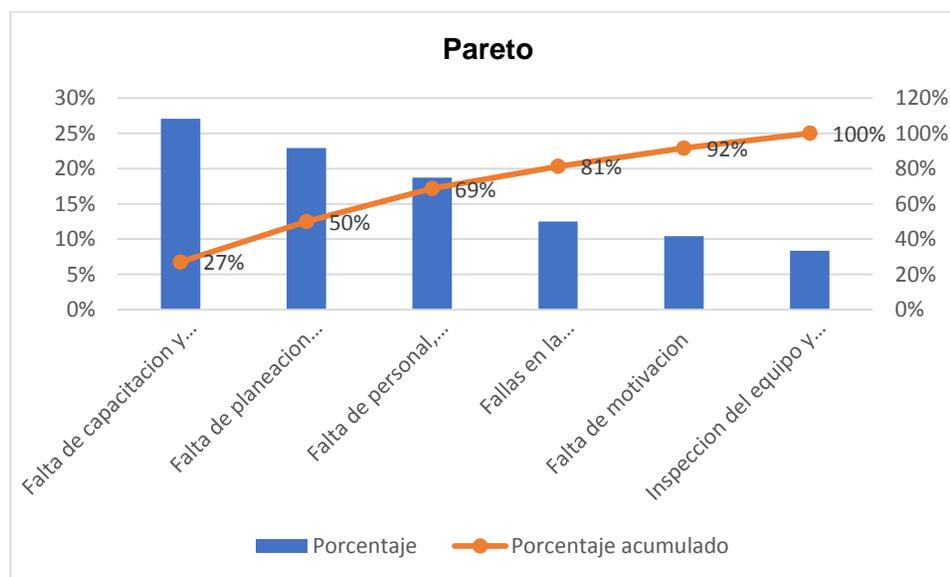
Tabla 1: Causa de porcentaje de tiempo perdido en montaje

Causa – Problema	Datos recolectados	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Falta de capacitación y experiencia	13	27%	27%
Falta de planeación para las actividades del montaje	11	23%	50%
Falta de personal, disponibilidad y rotación	9	19%	69%
Fallas en la organización y clasificación de herramientas	6	13%	81%
Falta de motivación	5	10%	92%
Inspección del equipo y montaje	4	8%	100%
	48		

Fuente: propia

A continuación, se representa en el diagrama las causas con sus porcentajes:

Gráfico 4: Diagrama de Pareto



Fuente: Propia

El diagrama de Pareto nos muestra que las principales causas son:

- Falta de capacitación y experiencia en el montaje
- Falta de planeación para las actividades del montaje
- Falta de personal (disponibilidad y rotación)

3.3 Análisis de Consecuencias

El aumento del tiempo real de los montajes impacta de manera negativa en la productividad de la planta. En primer lugar, si no se cumple con los tiempos de montajes se ve afectado el indicador de Cp. (Cumplimiento al plan de producción), tal como lo muestra el indicador:

Tabla 2: Ficha técnica del Indicador del Cp.
(Cumplimiento del plan de producción)

FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR													
Nombre del indicador	Cp (Cumplimiento del Plan de Producción)							Macroproceso			MANUFACTURA		
								Proceso de 2 nivel			Producción de Tubería		
Meta	≥ 82,00 %							Fórmula			Tiempo teórico programado de producción / Tiempo real utilizado		
Frecuencia de Medición	Mensual												
Frecuencia del análisis	Mensual							Responsable del análisis (cargo)			Coordinador de Manufactura		
SEGUIMIENTO Y REPRESENTACIÓN													
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ACUMULADO AÑO
2.020	83,65	70,45	78,26	81,34	80,65	81,30	85,18						78,87
2.019	Solo comparar Acumulado Año												75,25
META	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00

Fuente: Propia

Retrasos en la entrega de producto terminado en los clientes: al no cumplir con lo planeado finalmente se retrasan los despachos y el cliente le toca esperar horas o días para poder recibir su producto, lo que representa una pérdida económica para la empresa ya que incurre en pagos y molestias por el incumplimiento de las fechas pactadas.

Pérdidas económicas asociadas a la falta de productividad, esto se relaciona con las horas extras pagadas, sobre costo en la alimentación y transporte.

Teniendo en cuenta cada una de las razones por las que se están presentando el alto tiempo de montaje y pérdidas económicas se proponen 3 soluciones:

Opción 1: aplicar diagramas de proceso

Opción 2: aplicar la herramienta SMED

Opción 3: Realizar una simulación de la herramienta SMED mediante un software evidenciando la reducción de los tiempos en el proceso de montaje

Se toma como punto de partida la solución definitiva de la problemática que está teniendo actualmente la empresa Otek. Se propone una propuesta de mejora para el proceso de montaje, con la finalidad de organizar y controlar cada actividad del montaje. La herramienta SMED puede reducir los tiempos de ciclo, aprovechando al máximo el tiempo para producir y utilizando menos tiempo para cambiar herramientas.

3.4 Estado Final

Se decide analizar el proceso de montaje porque los tiempos reales superan a los teóricos, afectando el cumplimiento del indicador de montaje y por lo tanto la eficiencia de la planta.

El resultado deseado es cumplir con el indicador de 85% de cumplimiento en el mes de noviembre del año 2020, eso en término de eficacia, en la parte de eficiencia lograr mantener estándares definidos que permitan cumplir con los tiempos teóricos de montaje.

3.5 Pregunta de investigación

¿De qué manera se puede minimizar el tiempo de duración del proceso de montaje en la maquina enrolladora B3 mediante la herramienta SMED en el área de producción de la empresa Otek Central S.A.S?

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se centrará en buscar las estrategias adecuadas mejorar los tiempos de cambio de formato en una línea de una empresa de fabricación de tubería en PRFV en la ciudad de Cartagena, ya que actualmente se encuentran inconformidades en el tiempo real de los montajes. Así que en el siguiente trabajo vamos a presentar un plan que permita a la empresa desarrollar las estrategias adecuadas para reforzar el sistema y así poder alcanzar la meta de cumplir con el indicador de 85% de cumplimiento en el año 2020.

Los beneficios que incluirá la implementación de SMED a Otek serán logros funcionales y alcanzables, obteniendo resultados de calidad construyendo una estructura preferentemente formal y contando con nuevos objetivos de mejora. Tanto como para nosotros como estudiantes de ingeniería industrial de la universidad del Sinú nos llevará a un amplio conocimiento sobre la reestructuración de un proyecto de calidad catapultándonos en el ámbito laboral como personas competentes capaces de organizar ideas de mejora las cuales sean vistas directamente por Otek u otras organizaciones interesadas en la mejora de sus procedimientos, logrando priorizar la calidad estudiantil que tiene la universidad tomando como referencia nuestros proyectos a futuros estudiantes de diferentes carreras logrando un prestigio a nivel nacional e internacional dando a conocer los logros que se obtuvieron en este proceso de mejora.

5. REVISIÓN LITERARIA

5.1 MARCO TEÓRICO

El sistema SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT (just in time), uno de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño (Esto significa que pueden satisfacer las necesidades de los clientes con productos de alta calidad y bajo costo, con rápidas entregas sin los costos de stocks excesivos).

Cuando de cambio de herramientas o tiempos de preparación se trata, no sólo cuenta el efecto que ello tiene en los costos vinculados con dichas tareas específicas, los tiempos muertos de producción, el tamaño de los lotes, los excesos de inventarios de productos en procesos y productos terminados, los plazos de entrega y tiempo del ciclo, sino también el prestar mejores servicios, aumentar la cantidad de operaciones y mejorar la utilización de la capacidad productiva. (GLOBAL LEAN)

Las condiciones para implementar SMED

Existe una serie de condiciones fundamentales a los efectos de poder disminuir los tiempos de preparación, siendo ellas las siguientes:

1. Tomar conciencia de la importancia que tiene para la empresa y sus actividades la disminución de los tiempos de preparación.
2. Hacer tomar conciencia de la problemática a los empleados, y prepararlos mediante la capacitación y el entrenamiento a los efectos de incrementar la productividad y reducir los costos mediante la reducción en los tiempos de preparación.
3. Hacer un cambio de paradigmas, terminando con las creencias acerca de la imposibilidad de disminuir radicalmente los tiempos de preparación.
4. Cambiar la manera de pensar de los directivos y profesionales acerca de las técnicas y medios para el análisis y mejora de los procedimientos.

Se debe dejar de estar pendiente de métodos ya construidos, para pasar a crear sus propios métodos. Cada actividad, cada máquina, cada instrumento tienen sus propias y especiales características que las hacen únicas y diferentes, razón por la cual sólo se puede contar con un esquema general y una capacidad de creatividad aplicada a los efectos de dar o encontrar solución a los problemas atinentes a la reducción en los tiempos de preparación. Dar importancia clave a la reducción de los tiempos, tanto de preparación, cómo de proceso global de la operación productiva, dado sus notorios efectos sobre la productividad, costos, cumplimiento de plazos y niveles de satisfacción. Por

esta razón se constituye su tratamiento en una cuestión de carácter estratégico. (Mauricio Lefcovich)

Aplicación de SMED

Esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son:

- Reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo.
- Reducir el tamaño del inventario.
- Reducir el tamaño de los lotes de producción.
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción.

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda. Al permitir la reducción en el tamaño de lote colabora en la calidad ya que al no existir stocks innecesarios no se pueden ocultar los problemas de fabricación. Algunos de los tiempos que tenemos que eliminar aparecen como despilfarros habitualmente de la siguiente forma:

- Los productos terminados se trasladan al almacén con la máquina parada.
- El siguiente lote de materia prima se trae del almacén con la máquina parada.
- Las cuchillas, moldes, matrices, no están en condiciones de funcionamiento.
- Algunas partes que no se necesitan se llevan cuando la máquina todavía no está funcionando.
- Faltan tornillos y algunas herramientas no aparecen cuando se necesitan durante el cambio.
- El número de ajustes es muy elevado y no existe un criterio en su definición.

(Scientia et Technica Año XV, No 41, mayo de 2009. Universidad Tecnológica de Pereira).

Herramientas por utilizar en SMED

El secreto no pasa por las herramientas, sino por la manera en que éstas son utilizadas e interrelacionadas entre sí a los efectos de lograr los resultados. Además, son necesarias tanto disponer de aptitud y actitud para realizar la tarea, aparte de disciplina se debe tener capacidad de observación y análisis, creatividad y voluntad de cambio. Las herramientas son:

- Utilización de cronómetro: Medir el tiempo en sus fracciones más pequeñas
- Gráfica de Gantt: Esta gráfica sirve para la planificación y control de una serie de actividades descritas para un período determinado.

- Cursograma / flujograma: Gráfica que muestra el flujo y número de operaciones secuenciales de un proceso o procedimiento para generar un bien o un servicio.
- Planilla de relevamiento: Encuesta o formulario de liberación de la carga de trabajo de un proceso.

- Planilla de análisis y mejora: Encuesta o formulario de eventos en un proceso para el análisis y mejora de este.

- Diagrama de Pareto: Herramienta gráfica en la cual se representa la frecuencia para un conjunto de causas ordenadas desde la más significativa hasta la menos significativa.

- Camino Crítico: Es una secuencia de actividades conectadas, que conduce del principio del proyecto al final del mismo, por lo que aquel camino que requiera el mayor trabajo, es decir, el camino más largo dentro de la red, viene siendo la ruta crítica o el camino crítico de la red del proyecto.

- Control Estadístico de Procesos (SPC): Es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos.

- Histogramas: Es una representación gráfica de una variable frente a otra, en forma de barras, donde la altura o eje vertical es proporcional a los valores producidos, y la anchura o eje horizontal a los intervalos o valores de la clasificación.

- Medias – Modas – Medianas: Son las medidas de tendencia central más usuales
 - a) media aritmética (\bar{x}), el valor medio.
 - b) mediana, el valor central.
 - c) moda, el valor más frecuente.

- Diagrama de Ishikawa: Técnica de análisis de causa y efectos para la solución de problemas, relaciona un efecto con las posibles causas que lo provocan.

- Análisis Inverso: Metodología o herramienta de gestión que partiendo del resultado u objetivo al cual se quiere llegar, procede a analizar cuáles son los factores o causas de las cuales depende dicho resultado.

- Diagrama del Proceso de Operación: Diagramas que emplean símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso. También permiten describir la secuencia de los distintos pasos o etapas y su interacción.

- Benchmarking: Se define como el proceso continuo de mejora de productos, servicios y métodos con respecto al competidor más fuerte o aquellas compañías consideradas líderes.

Metodología de aplicación de SMED

La implantación del proyecto SMED consta de cuatro etapas.

1. Etapa preliminar

Lo que no se conoce no se puede mejorar, si puede filmar el procedimiento hágalo, y se dará cuenta del sinnúmero de movimientos inútiles, paseos, distracciones, etcétera, en que incurren los operarios. Pueden tomar hasta 40 minutos buscando por toda la planta una llave Allen, otro tanto localizando los tornillos en el almacén o hasta un troquel en los racks, afilando las piezas necesarias o llenando formatos de calidad y producción. Todo esto mientras el equipo permanece detenido esperando a que el operador se decida a empezar el desmontaje de las herramientas usadas por el artículo anterior y el acoplamiento de las que se necesitan para el que viene. Por ello en esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

Registrar los tiempos de cambio:

- Conocer la media y la variabilidad.
- Escribir las causas de la variabilidad y estudiarlas.
- Estudiar las condiciones actuales del cambio:
- Análisis con cronómetro.
- Entrevistas con operarios (y con el preparador).
- Grabar en vídeo.
- Mostrarlo después a los trabajadores.
- Sacar fotografías. Esta etapa es más útil de lo que se cree, y el tiempo que invirtamos en su estudio puede evitar posteriores modificaciones del método al no haber descrito la dinámica de cambio inicial de forma correcta.

2. Primera etapa: Separar las tareas internas y externas

En esta fase. Primero será necesario realizar un listado de las actividades secuenciales realizadas durante el set up, para poder identificar cuáles son internas (realizadas durante un paro de máquina) y externas (ejecutadas durante la operación normal de la máquina). Se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo:

- Se sabe que la preparación de las herramientas, piezas y útiles no debe hacerse con la máquina parada, pero se hace.
- Los movimientos alrededor de la máquina y los ensayos se consideran operaciones internas. Es muy útil realizar una lista de comprobación con todas las partes y pasos necesarios para una operación, incluyendo nombres, especificaciones, herramientas, parámetros de la máquina, etc. A partir de esa lista realizaremos una comprobación para asegurarnos de que no hay errores

en las condiciones de operación, evitando pruebas que hacen perder el tiempo.

3. Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas

La idea es que al tiempo en el cual el sistema no está produciendo, es decir, no agrega valor, se le considera como desperdicio; por lo tanto, se requiere de su eliminación. En esta etapa es necesario hacer una revisión minuciosa de las actividades internas, para poder hacer la conversión pertinente y así ganar más tiempo productivo, es decir, hacer todo lo necesario en preparar troqueles, matrices, punzones, etc., fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente.

- Reevaluar para ver si alguno de los pasos está erróneamente considerado como interno.
- Pre-reglaje de herramientas.
- Eliminación de ajustes: las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que se tarda un tiempo en poner a andar el proceso de acuerdo con la nueva especificación requerida. Los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien. Se llama ajuste en realidad a las no conformidades que a base de prueba y error van llegando hasta hacer el producto de acuerdo con las especificaciones (además se emplea una cantidad extra de material). Partiremos de la base de que los mejores ajustes son los que no se necesitan, por eso se recurre a fijar las posiciones. Se busca recrear las mismas circunstancias que la de la última vez. Como muchos ajustes pueden ser hechos como trabajo externo se requiere fijar las herramientas. Los ajustes precisan espacio para acomodar los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere espacios estándar.

4. Tercera etapa: perfeccionar las tareas internas y externas

El objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de la operación de preparación, incluyendo todas y cada una de las operaciones elementales (tareas externas e internas). La optimización de las operaciones internas y externas restantes, aun las reducciones obtenidas en las etapas previas pueden ser mejoradas. Esta labor es de alto nivel de detalle y, aunque también requiere de mucha imaginación y del diseño de dispositivos y elementos de sujeción novedosos. De hecho, la mayor parte de los equipos con los que se logra esta mejora se encuentran estandarizados en el mercado. En este paso, las mínimas

actividades internas que quedan pueden ser aminoradas y las demás, aunque sean externas, también pueden mejorar.

El SMED cambia el supuesto de que los cambios de útiles / preparaciones requieren mucho tiempo. El concepto consiste en conocer las actividades de “Setup” interno y Set-up” Externo. Cuando los cambios de útiles pueden hacerse rápidamente, se hacen si es necesario. Esto significa que las empresas pueden producir en pequeños lotes, lo que tiene muchas ventajas:

Flexibilidad: las empresas pueden satisfacer cambiantes demandas de clientes sin necesidad de mantener grandes stocks.

Entregas rápidas: la producción en pequeños lotes significa plazos de fabricación más cortos, y menos tiempo de espera para los clientes.

Productividad más elevada: tiempos de preparación y cambios de útiles más cortos reducen los tiempos de parada de los equipos, lo que eleva las tasas de productividad.

Algunas de las acciones encaminadas a la mejora de las operaciones internas más utilizadas por el sistema SMED son:

- Implementación de operaciones en paralelo: Estas operaciones que necesitan más de un operario ayudan mucho a acelerar algunos trabajos. Con dos personas una operación que llevaba doce minutos no será completada en seis, sino quizás en cuatro, gracias a los ahorros de movimiento que se obtienen. El tema más importante al realizar operaciones en paralelo es la seguridad.
- Utilización de anclajes funcionales: Son dispositivos de sujeción que sirven para mantener objetos fijos en un sitio con un esfuerzo mínimo.

Todas estas etapas culminan en la elaboración de un procedimiento de cambio que pasa a formar parte de la dinámica de trabajo en mejora continua de la empresa y que opera de acuerdo con el siguiente esquema iterativo de trabajo:

1. Elegir la instalación sobre la que actuar.
 2. Crear un equipo de trabajo (operarios, jefes de sección, otros).
 3. Analizar el modo actual de cambio de herramienta. Filmar un cambio.
 4. Reunión del equipo de trabajo para analizar en detalle el cambio actual.
 5. Reunión del equipo de trabajo para determinar mejoras en el cambio:
- Clasificar y transformar operaciones Internas en Externas.
 - Evitar desplazamientos, esperas y búsquedas, situando todo lo necesario al lado de máquina.

- Secuenciar adecuadamente las operaciones de cambio.
 - Facilitar útiles y herramientas que faciliten el cambio.
 - Secuenciar mejor las órdenes de producción.
 - Definir operaciones en paralelo.
 - Simplificar al máximo los ajustes.
6. Definir un nuevo modo de cambio.
 7. Probar y filmar el nuevo modo de cambio.
 8. Afinar la definición del cambio rápido, convertir en procedimiento.
 9. Extender al resto de máquinas del mismo tipo. (Los pasos 7 a 9 son recursivos. El tiempo de cambio se puede ir acortando por fases). (SMED, s.f.)

Diagrama de proceso

Los diagramas de procesos son la representación gráfica de los procesos y son una herramienta de gran valor para analizar los mismos y ver en qué aspectos se pueden introducir mejoras. Hay determinadas actividades o acciones que implican una decisión y que hacen que el camino seguido por el proceso se bifurque. (sedic, s.f.).

esta representación debe tener toda la información necesaria para que el proceso ocurra, tales como las condiciones de inicio y finalización del proceso, las actividades y sus datos, reglas, documentos, los participantes del proceso, clientes y otros factores importantes. Tenga en cuenta que el diagrama de flujo de procesos es un paso anterior al modelo de procesos, utilizado para ayudar a definirlo durante el análisis del proceso. Una etapa intermedia entre el diagrama de procesos y el modelo es el llamado mapa del proceso.

Pasos para hacer un diagrama de proceso

- Determine los principales componentes del proceso.
- Ordene las actividades
- Elija los símbolos correctos para cada actividad

Imagen 2: Simbolización de diagrama de proceso

SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
○	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso Agrega, modifica, montaje, etc.
□	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
→	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
D	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentaneo.
▽	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén
◻	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas

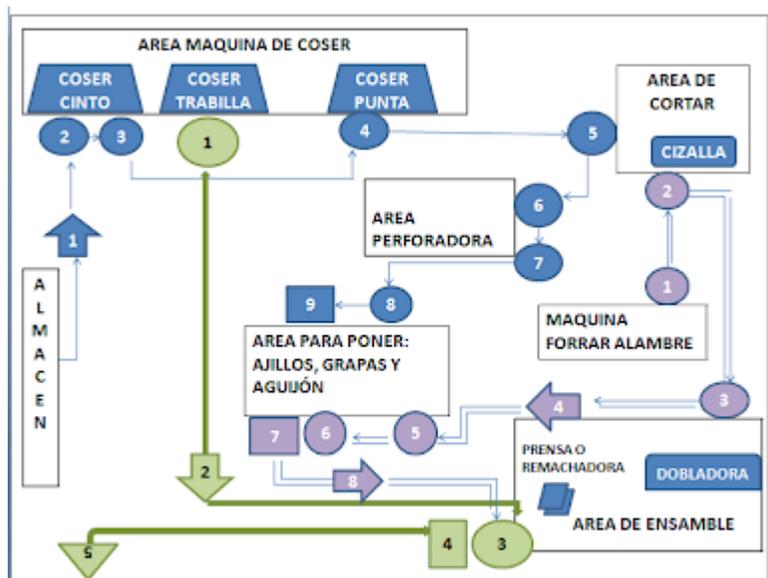
Fuente: *ingenieriayeducacion*

- Haga la conexión entre las actividades
- Indique el comienzo y el final del proceso
- Revise su diagrama de procesos de negocio

Diagrama de recorrido:

Este diagrama representa de manera gráfica las zonas, áreas o secciones de una planta donde se indican las actividades que en la operación se ejecuta.

Imagen 3: Diagrama de recorrido



Fuente: *Ivan García Sánchez*

Cursograma analítico:

Este diagrama permite evidenciar el curso de una persona, material o equipo por medio de 5 símbolos los cuales se indican en la *imagen 2: Simbolización de diagrama de proceso*.

Imagen 4: Cursograma analítico

EJEMPLO

CURSOGRAMA ANALITICO				Operario / Material / Equipo			
Diagrama no 1		Hoja: 1 de 1		Resumen			
Producto: ETIQUETAS INDUSTRIALES				Operación	Actual	Propuesto	Economía
Actividad: CORTAR, DESENGRASAR, IMPRIMIR, SECAR, PLANCHAR, INSPECCIONAR.				Inspección	5	5	0
Método: actual / propuesto				Espera	3	1	2
Lugar: NAVE INDUSTRIAL				Transporte	5	2	3
Operario (s):				Almacenamiento	1	1	0
Compuerto por: Fecha: 24/08/98				Distancia (mts.)	42.55	36.05	6.50
Aprobado por: Fecha:				TOTAL			
				Tiempo (hrs.-hom.)			
				Costo			
				Mano de obra			
				Material			
				TOTAL			
DESCRIPCION	Cantidad	Distancia	Tiempo	Actividad			OBSERVACIONES
EN ALMACEN ROLLOS DE P.V.C				○ □ □ □ ▽			
TRANS. DE P.V.C. A BOLSILLO GRANDE		32.2 m					CON CARREYILLA
CORTE PRELIMINAR X 16 x 26 cm.							CORTADORA MANUAL.
DESENO CASADO							
INSPECCION DE DESENO CASADO							SIN BASURA
TRANS. A PROCESO COLOR AZUL.		2.85 m					MANUAL E INDIVIDUAL.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN AZUL							
INSPECCION DE LA IMPRESION							SIN POLVO Y BASURA
SECADO DE LA IMPRESION EN AZUL							DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN AMARILLO							
INSPECCION DE LA IMPRESION							SIN POLVO Y BASURA
SECADO DE LA IMPRESION							DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN ROJO.							
INSPECCION DE LA IMPRESION							SIN POLVO Y BASURA
SECADO DE LA IMPRESION							DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN PLATA							
INSPECCION DE CALIDAD EN LA IMPRESION							SIN POLVO Y BASURA
COLOCACION PARA SECADO DE LA IMPRESION							DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DEL ADHESIVO.							
DEMORA POR ASRUPACION DE LOYE							2 HORAS A LA VEZ.
TOTAL		36.05			11	5	1 2 1

Fuente: Upiicsa México

Diagrama Hombre-Maquina

Este diagrama indica la relación entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de trabajo de la máquina.

Imagen 5: Diagrama Hombre-Maquina

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA			
OPERACIÓN:			
MÁQUINA:			
DEPARTAMENTO:			
PÁGINA Nº:		DE:	
FECHA:			
REALIZADO POR:			
APROBADO POR:			
OPERARIO	TIEMPO	MÁQUINA 1	MÁQUINA 2
Descarga y carga de la máquina 1	0,1	Descarga y carga	Tiempo muerto
	0,2		
	0,3		
	0,4		
	0,5		
Camina hacia la máquina 2	0,6	Taladrado	Descarga y carga
Limpia la pieza	0,7		
Descarga y carga de la máquina 2	0,8		
Camina hacia la máquina 1	1,0	Tiempo muerto	Torneado
Limpia la pieza	1,1		
Descarga y carga de la máquina 1	1,2		
Camina hacia la máquina 1	1,3	Descarga y carga	Torneado
Limpia la pieza	1,4		
Descarga y carga de la máquina 1	1,5		
	1,6		
	1,7		
	1,8		
	1,9		
...	2,0		

Fuente: Birt LH

5.2 ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Identificación	Resumen	Problemática	Objetivo general	Resultados
<p>Reducción de tiempos de espera en el área de soplado de envases plásticos aplicando la metodología SMED, Avilés Noles, Manuel Andrés Caiza Mizhquiri, Kevin Ernesto Chávez Rodríguez, Javier Iván, 2019</p>	<p>El desarrollo del presente trabajo se direcciono a una reducción de tiempos de espera en el área de soplado de envases plásticos aplicando la metodología SMED formulando el problema central de qué manera la reducción de tiempos de espera incrementará la productividad en el área de soplado de envases plásticos en base esta pregunta se estableció como objetivo general el analizar la reducción de tiempos para incrementar la productividad en el área de soplado de envases plásticos.</p>	<p>¿De qué manera la reducción de tiempos de espera incrementará la productividad en el área de soplado de envases plásticos?</p>	<p>Analizar la reducción de tiempos para incrementar la productividad en el área de soplado de envases plásticos.</p>	<p>Las propuestas que se presentaron en el desarrollo de la propuesta tecnológica; Metodología SMED, alcanzar una producción Justo a Tiempo (JIT), Poka-yokes y TPM o mantenimiento productivo total, permitieron una reducción de tiempos que no agregan valor al producto, por lo tanto, contribuyeron al funcionamiento ideal dentro del sistema de producción en el área de soplado.</p>

<p>Integración de la metodología de cambio rápido de herramienta (SMED) para evaluación del proceso de troquelado en Industrias de Manufactura de Calzado de Cuero; Aldás Salazar, Darwin Santiago Barrionuevo Zurita, Miguel Patricio, 2017</p>	<p>El presente trabajo tiene como objetivo la reducción de los tiempos de preparación de material, máquinas, y recursos utilizados en el proceso de troquelado, evitar retrasos en las ordenes de producción y por tanto aumentar el nivel de producción del área de troquelado de las líneas de calzado en las empresas medianas y grandes pertenecientes a la CALTU.</p>	<p>La generación de gran cantidad de desperdicios de materia prima y fallas en los cortes generados en el proceso de troquelado, así como también la perdida en el tiempo de preparación de la máquina o al momento de cambiar el lote de producción en las industrias de calzado generan grandes pérdidas económicas</p>	<p>Evaluar la metodología de cambio rápido de herramienta SMED integrada en el proceso de troquelado para incrementar la productividad en las plantas de manufactura de calzado de cuero</p>	<p>Con la aplicación de la metodología SMED en la actividad de corte de complementos la tasa de producción aumenta a 0,63 pares /min obteniendo una capacidad de producción de 37,97 pares/hora y una producción diaria de 303.8 pares. Con los resultados que se obtuvieron en cada una de las simulaciones se realiza una comparación para verificar el mejoramiento que representa el método propuesto por la metodología SMED</p>
<p>Aplicación del Ciclo Deming y Metodología SMED para la reducción de tiempos de paradas</p>	<p>El presente informe consiste en realizar una propuesta en la reducción de tiempos de paradas de máquinas inyectoras, esto para mejorar</p>	<p>¿Cómo aplicar el ciclo de Deming y la herramienta SMED para la</p>	<p>Aplicar el Ciclo de Deming y la herramienta SMED para reducir tiempos</p>	<p>Reducir tiempos de paradas de máquinas inyectoras, en el primer mes de la implementación (Setiembre 2016) en 176.23 horas en comparación del último mes antes de</p>

<p>de máquinas inyectoras en el área de producción de la empresa Industrias Plásticas Reunidas SAC; Peñaloza Dextre, Juan Manuel; 2016</p>	<p>la eficiencia operativa de la empresa y de esta manera la empresa pueda beneficiarse. La metodología que utilizaremos para realizar el estudio, será en base a un análisis de la situación actual, a fin de identificar los principales problemas que se presentan dentro del área de producción y por consiguiente, conocer sus causas, las cuales nos permitirán formular diferentes propuestas de solución. Del análisis se identificó que el retraso de entrega de productos terminados se debe en su mayoría a problemas con las máquinas paradas lo cual genera una deficiencia operativa perjudicando así cumplir con el tiempo de entrega de productos a nuestros clientes.</p>	<p>reducción del tiempo de paradas de las máquinas inyectoras en el área de Producción de la empresa Industrias Plásticas Reunidas S.A.C.?</p>	<p>de paradas de máquinas inyectoras en la empresa Industrias Plásticas Reunidas S.A.C.</p>	<p>realizada la implementación (Agosto 2016), llegando en el cuarto mes de la implementación en una reducción de 438.42 horas.</p>
--	--	--	---	--

5.3 MARCO CONCEPTUAL

5S: es una herramienta de gestión visual fundamental dentro de Lean Manufacturing, y utilizada habitualmente como punto de partida para introducir la mejora continua en la empresa. Su misión es optimizar el estado del entorno de trabajo, facilitar la labor de los empleados y potenciar su capacidad para la detección de problemas. Con su implementación conseguimos mejorar la productividad del proceso y aumentar la calidad.

Disponer de un puesto de trabajo ordenado, limpio y bien organizado, es clave para atajar las pérdidas de tiempo-desplazamientos innecesarios, reducir los defectos en piezas, ahorrar en mantenimiento y aumentar la seguridad. Ayuda a que el personal de planta esté motivado y trabaje en las mejores condiciones. (Berganzo, 2016)

Bienestar laboral: es el estado que permite a los individuos desarrollar de manera segura, eficaz y cómoda su trabajo. (García, 2019)

Cabezal: Conjunto de barras y rodamientos de forma circular que sirve como guía de retorno para el fleje, desde la parte posterior hacia la luneta del retorno del fleje ubicada detrás del house de la máquina. Se monta sobre los agujeros roscados del eje interno de la máquina. (supervisor de manufactura)

CamPlate (plato leva): Disco fijo con un plano inclinado que permite el desplazamiento axial del fleje por acción del pushers de cada viga. (supervisor de manufactura)

Discos: Plato o platina metálica de forma circular ranurados. Existe un juego de 7 platos para cada diámetro o referencia a producir. Sobre las ranuras van montadas las vigas (número determinado según diámetro) que se instalan alineadas. Los discos o platos van espaciados a lo largo del eje dependiendo del tipo del eje. (supervisor de manufactura)

Diagrama de Pareto: es una técnica gráfica sencilla para clasificar aspectos en orden de mayor a menor frecuencia. Está basado en el principio de Pareto. Este diagrama, también es llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. (Gehisy, 2017)

Estudio de los tiempos: El ciclo de tiempo del trabajo puede aumentar a causa de un mal diseño del producto, un mal funcionamiento del proceso o por tiempo improductivo imputable a la dirección o a los trabajadores. El Estudio de Métodos es la técnica por excelencia para minimizar la cantidad de trabajo, eliminar los movimientos innecesarios y substituir métodos. La medición del

trabajo a su vez, sirve para investigar, minimizar y eliminar el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado (Lopez, 2019)

Fleje: Cinta de acero sin fin que se enrolla alrededor de las vigas instaladas en el mandril, sobre esta cinta se mide el ID de la tubería a fabricar. (supervisor de manufactura)

Clasificar: es separar las cosas útiles de las innecesarias, las suficientes de las excesivas y dejar en nuestro sitio de trabajo solo lo indispensable para realizar eficientemente nuestras labores. (Garcia, 2019)

Mandril: Molde cilíndrico para la formación de los tubos conformado por discos, fleje, pushers, vigas, separadores, cabezal y un eje central. (supervisor de manufactura)

Maquina enrolladora: es un equipo específico que permite el enrollamiento automático de las balas de residuos a través de películas de plástico. Normalmente se instala en tándem con una prensa continua para obtener en tiempo real un producto embalado de gran calidad y fiabilidad. El uso de estas máquinas se ha introducido en el embalaje de productos sueltos de pequeño tamaño, con el fin de evitar el desperdicio de material en los alrededores, lo que hace más fácil el transporte y la protección de la bala en caso de exposición a los efectos de la intemperie. (Coparm, s.f.)

Mejoramiento continuo: es un proceso que describe muy bien lo que es la esencia de la calidad y refleja lo que las empresas necesitan hacer si quieren ser competitivas a lo largo del tiempo. (Deming, 1996)

Montaje: es el proceso mediante el cual se emplaza cada equipo o componente en su posición definitiva dentro de un proceso productivo. El montaje es un desafío permanente al ingenio: suele desarrollarse en condiciones complejas, con plazos restringidos y limitaciones de todo tipo. (Ati sistema , s.f.)

Orden: Se refiere a la correcta disposición y manejo de los elementos (equipos, materiales y productos) que intervienen en el desarrollo de las actividades específicas de cada tarea, contribuyendo a una buena organización. (Garcia, 2019)

Plan de producción: Herramienta donde se definen los aspectos técnicos y organizativos para la elaboración de los productos recogidos en el plan estratégico de la empresa y vinculado a la consecución de los objetivos empresariales. (Guías jurídicas , s.f.)

PRFV: El Poliéster Reforzado de Fibra de Vidrio (PRFV) es el material del que están construidas aproximadamente el 95% de las embarcaciones que no son de madera o acero. Aunque es comúnmente llamado: “Embarcación de Poliéster”, “de Fibra de Vidrio” o “de Plástico”. (Polímeros Fornés, 2018)

Productividad: es una medida económica que calcula cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, tierra, etc.) durante un periodo determinado. (Economipedia, s.f.)

Pusher (empujador): Roldana con guía deslizante instalada en un extremo de la viga, con contacto permanente con el *camplate*, lo cual genera un empuje o movimiento axial del fleje. (supervisor de manufactura)

SMED: Se trata de cambiar partes de la máquina en minutos. Así, uno de los objetivos que se persiguen con esta metodología es que cualquier cambio de máquina no supere la cifra de 10 minutos. (Ceupe, s.f.)

Tiempo estándar: Es el tiempo en que se puede llevar a cabo una tarea cualquiera por una persona bien entrenada en este trabajo, desarrollando una actividad normal según el método establecido y en donde se incluyan las tolerancias debidas a retrasos que están fuera del control del trabajador (Vivar, s.f.). Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de tiempos. Algebraicamente sería de la siguiente manera:

$$TE = (TN)(1 + S)$$

Dónde: TE = Tiempo estándar o tiempo tipo TN = Tiempo normal S = Suplementos o tolerancias en %

Vigas: Perfiles de aluminio con rodamientos sobre los cuales se desplaza el fleje a lo largo del mandril. Son de aproximadamente 6,15 m de longitud. (supervisor de manufactura)

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de mejora mediante la herramienta SMED, que permita disminuir la duración del proceso de montaje en la máquina de enrollamiento continuo (B3) en el área de producción de la empresa Otek Central S.A.S.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico del proceso de montaje para la maquina B3, mediante un diagrama de proceso para conocer el flujo actual del proceso.
- Diseñar un modelo de mejora para el proceso de montaje de la máquina B3 mediante la herramienta SMED que se ajuste a las necesidades de la empresa OTEK buscando que los tiempos de parada se minimicen.
- Realizar una simulación de la herramienta SMED mediante un software evidenciando la reducción de los tiempos en el proceso de montaje

7. METODOLOGÍA

7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto aborda el tipo de investigación explicativa cuyo principal objetivo es buscar y explicar las razones por la cual no se da la eficiencia y la eficacia en el cumplimiento de los montajes. La investigación explicativa busca establecer las causas de hechos, circunstancias o fenómenos que son objeto de estudio, ya sean físicos o sociales Su objetivo se focaliza en justificar por qué sucede un hecho, las condiciones en las que se manifiesta y la relación que pudiera existir entre las variables.

Este tipo de estudio es más estructurado que las investigaciones con los demás alcances. La finalidad de la investigación explicativa implica exploración, descripción, correlación o asociación.

7.2 POBLACION Y MUESTRA

La población de las personas de producción con conocimiento en montajes es:

- 1 coordinador de producción
- 4 supervisores de producción
- 14 operarios
- 1 analista de manufactura

Se calcula la muestra de una población de 20 personas para aplicar la metodología con un nivel de confianza de un 95% dando el siguiente resultado:

$$n = \frac{(20 * (1,96)^2) * (0,05 * 0,95)}{(0,05)^2 * (20 - 1) + (1,96)^2 * 0,05 * 0,95}$$

$$= \frac{(20 * 3,8416 * 0,0475)}{(0,0025 * 19) + (3,8416 * 0,0475)} = \frac{(9,1238)}{(0,0475 + 0,1825)}$$

$$n = \frac{(9,1238)}{(0,2299)} = 15,8 \approx 16$$

Esto nos da el resultado de 16 encuestas a aplicar con el nivel de confianza de 95% para una población de 20 personas

7.2.1 FUENTES, METODOS Y MECANISMOS DE RECOLECCION DE INFORMACION

Para la recolección de los datos fue necesario aplicar una encuesta que consta de 1 pregunta la cual se le pidió a los encuestados que mencionaran 3 causas que ellos consideraban relevantes en los retrasos de los montajes. Ver anexo A

Una vez que se aplicó la encuesta a la muestra de la población, se comenzó a construir un listado con las respuestas del participante para recopilar la información de las causas que generan los retrasos en los montajes, a continuación, se detallan los resultados de la herramienta aplicada a las 16 personas (3 respuestas por personas) dando un total de 48 causas:

1. Mala planeación del montaje (setup, tanques, fleje)
2. No se priorizan las actividades
3. Validar el recorrido del fleje (no se inspección de montaje)
4. Personal no comprometido con las actividades
5. Mala planeación de actividades
6. Falta entrenamiento en las tareas del montaje
7. No se cuenta con el personal suficiente para la actividad
8. Presencia de cansancio, distracciones y apatía al momento de la actividad
9. Falta de experiencia en algunas personas u operadores
10. Desconocimiento del personal para realizar la operación
11. Falta de disponibilidad de personal
12. Falta de herramientas
13. Mala planificación
14. Falta de personal y desconocimiento para realizar la tarea
15. Fallas en el montaje de vigas
16. Falta de personal
17. Falta de herramientas
18. Falta de coordinación (delegar funciones)
19. Falta de herramientas, no hay las necesarias

20. Falta de personal para adelantar los montajes rápidos
21. Falta de organización para encontrar los elementos del montaje (fleje, cabezal, bujes, etc.)
22. Herramientas en mal estado o desorganizadas
23. Dato de calibración tarde
24. Conciencia en que hay que terminar a tiempo
25. Poco personal
26. Poca organización y asumir funciones
27. Desinterés o desconocimiento para realizar algunas funciones
28. No usar la herramienta adecuada en el montaje
29. Al momento de una falla en el montaje no se tiene un manual de falla
30. No todo el personal sabe los conceptos para realizar un buen montaje
31. Mala calibración de vigas
32. Mala calibración de cabezal
33. Mala actitud de personal
34. Falta de planificación, (fleje, cabezal, personal)
35. Lunetas con demasiados flejes malos
36. Mala rotación de operarios
37. No contar con el número de personas cuando son
38. No tener todo listo para el montaje que viene
39. Falta de capacitación del personal para que todos tengan conocimiento de las actividades
40. Mal posicionamiento del camplate
41. Vigas mal calibradas
42. Falta de personal
43. Falta mejorar la planeación
44. Verificar montajes (platos) antes de realizarlo
45. Falta de entrenamiento del personal
46. No contar con el personal suficiente
47. Mala clasificación y organización de herramientas y equipos
48. Capacitar al personal para que tengan claros los conocimientos

Luego de enlistar las causas, estas se clasifican mediante la herramienta de las 6m para determinar a qué factor representa la mayoría de las causas.

Cuadro 2: Causas de las 6m

MAQUINA	MEDIDAS	MANO DE OBRA
40. Mal posicionamiento del camplate	15. Fallas en el montaje de vigas	4. Personal no comprometido con las actividades
1 Causa	31. Mala calibración de vigas	6. Falta entrenamiento en las tareas del montaje
MATERIALES	32. Mala calibración de cabezal	7. No se cuenta con el personal suficiente para la actividad
12. Falta de herramientas	41. Vigas mal calibradas	8. Presencia de cansancio, distracciones y apatía al momento de la actividad
17. Falta de herramientas	4 Causas	9. Falta de experiencia en algunas personas u operadores
19. Falta de herramientas, no hay las necesarias	METODO	10. Desconocimiento del personal para realizar la operación
21. Falta de organización para encontrar los elementos del montaje (fleje, cabezal, bujes, etc.)	1. Mala planeación del montaje (setup, tanques, fleje)	11. Falta de disponibilidad de personal
22. Herramientas en mal estado o desorganizadas	2. No se priorizan las actividades	14. Falta de personal y desconocimiento para realizar la tarea
28. No usar la herramienta adecuada en el montaje	3. Validar el recorrido del fleje (no se inspección de montaje)	16. Falta de personal
35. Lunetas con demasiados flejes malos	5. Mala planeación de actividades	18. Falta de coordinación (delegar funciones)
38. No tener todo listo para el montaje que viene	13. Mala planificación	20. Falta de personal para adelantar los montajes rápidos
47. Mala clasificación y organización de herramientas y equipos	23. Dato de calibración tarde	24. Conciencia en que hay que terminar a tiempo
9 Causas	29. Al momento de una falla en el montaje no se tiene un manual de falla	25. Poco personal
MEDIO	34. Falta de planificación, (fleje, cabezal, personal)	26. Poca organización y asumir funciones
0 Causas	43. Falta mejorar la planeación	27. Desinterés o desconocimiento para realizar algunas funciones
	44. Verificar montajes (platos) antes de realizarlo	30. No todo el personal sabe los conceptos para realizar un buen montaje
	10 Causas	33. Mala actitud de personal
		36. Mala rotación de operarios
		37. No contar con el número de personas cuando son
		39. Falta de capacitación del personal para que todos tengan conocimiento de las actividades
		42. Falta de personal
		45. Falta de entrenamiento del personal
		46. No contar con el personal suficiente
		48. Capacitar al personal para que tengan claros los conocimientos
		24 Causas

Fuente: Propia

8. DESARROLLO DE OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

8.1 Capítulo 1: Diagnóstico del proceso de montaje de la máquina B3

Para el desarrollo del diagnóstico se escogió la maquina enrolladora B3 ya que se encuentra activa en proceso de producción y para la toma de los tiempos y los análisis correspondientes al diagnóstico era necesario escoger la que tenía mayor ocupación.

8.1.1 Proceso general de montaje tubería en GRP operado por la máquina B3 Simbología a utilizar:

Gráfico 5: Simbología diagramas de proceso

	Trasnporte
	Operación
	Almacenamiento
	Inspeccion
	Espera
	Combinado

Fuente: Propia

8.1.2 Diagrama de recorrido.

Para la construcción del diagrama de recorrido se enlistaron los movimientos que se requieren para el montaje:

1. Se preparan los platos y el cabezal: se trasladan los elementos de la zona de almacenamiento de la B3 hacia la preparación de montajes rápidos (25m)
2. Se preparan las vigas en el área de vigas, se le entrega un documento al operario para que comience a calibrar las vigas
3. Se bajan vigas, cabezal y conjunto y se colocan en sus puestos (17m)
4. Se traslada el cabezal, los platos y las vigas hacia la B3 (42m)
5. Se montan los elementos en la maquina B3
6. Se buscan herramientas en el almacén (12m)

En el almacenamiento #3 nos muestra que los platos que se bajaron del montaje anterior son colocados en la zona de almacenamiento E1, el cabezal en la zona de almacenamiento B3 y las vigas usadas en el área de vigas

El transporte #4 indica el movimiento del conjunto de platos hacia la maquina B3 y el transporte de vigas ya calibradas hacia la maquina B3.

La operación #5 indica que el conjunto de platos se instala en el mandril

La espera #6 es la búsqueda de las herramientas necesarias para el montaje del conjunto y vigas.

Este diagrama muestra los componentes principales de los movimientos de transporte de los equipos y materiales, y no muestra los detalles, es decir; no muestra los elementos menores tales como sistema, clasificaciones y designaciones.

A continuación, se muestra los tiempos teóricos definidos del montaje de la maquina B3 establecidos por la empresa Otek de acuerdo a su diámetro.

8.1.3 Tiempos teóricos definidos del montaje.

La importancia de la medición de los tiempos teóricos de montaje ayuda a emplear la medición del trabajo permitiendo confrontar la realidad del sistema productivo sujeto a la medición, registrando los tiempos y ritmo de trabajo correspondiente a una actividad definida. Con el fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la actividad según su norma de ejecución preestablecido.

El siguiente cuadro muestra los tiempos estándares definidos del proceso de montaje de la maquina B3 en la ciudad de Cartagena:

Tabla 3: Tiempos de montaje Teóricos

Rango del Diámetro (DN)	teorico de montaje (hh)
300mm - 1200mm	10
1300mm - 1800mm	13
1900mm - 2600mm	18
2700mm - 3000mm	24

Fuente: Propia

Después de conocer los tiempos teóricos del montaje de la maquina enrolladora B3, a continuación, se desarrolla el diagrama de flujo (cursograma)

mostrándolas las operaciones de las actividades durante el proceso, comprendiendo toda la información considerable para el análisis de los tiempos.

8.1.4 Cursograma analítico de montaje.

Para entender un poco el proceso actual del montaje en la planta de Otek central, se llevó a cabo el registro y el análisis de las operaciones; permitiendo identificar así, aquellos errores que se cometen actualmente, a fin de tomar medidas correctivas en el flujo de operaciones. Cabe mencionar que el siguiente estudio de medidas de tiempo se aplicó a la máquina B3, ya que esta es la maquina en estudio demostrando gráficamente el orden de las operaciones, transporte, inspecciones, demoras y almacenajes que tienen durante el proceso.

Gráfico 7: Cursograma analítico

Cursograma Analítico				Otek			
Diagrama Num:1 Hoja 1		Resumen					
Objeto: Montaje de 900 a 1000		Actividad	Actual	Propuesta	Economía		
Actividad:		Cambio de formato en la maquina B3	x				
Lugar: Maquina B3							
Operario (s): 5 Ficha núm:							
Compuesto por: Fecha: 28 Septiembre							
Luisa Hurtado		<ul style="list-style-type: none"> - Mano de obra x - Herramientas - Equipos 					
Mauricio							
Banquez							
Total							
Descripción	Tiempo(min)	Símbolo					Observaciones
		○	□	D	↓	▽	
Buscar soldadura	23						
Cortar soldadura	7						
Llevar fleje a la luneta	15						
Amarrar fleje a la luneta	15						
Quitar el cacho	5						
Comenzar a enrollar el fleje en la luneta	30						
Retirar macho solo y ultimas vueltas	10						
Llevar la luneta a su puesto (marcada)	7						
Buscar y transportar carros de vigas	20						
Posicionar carros debajo del mandril	7						
Buscar herramientas	15						
Bajar vigas	20						
Llevar carros de vigas a su puesto	15						
Soltar cabezal y bajar	15						

Cursograma analítico

Buscar puente grua y eslingas	12					
Retirar platos	40					
Llevar platos a su sitio	20					
Buscar platos a colocar y trasladar	13					
Montar platos	30					
Instalar campana	8					
Buscar vigas a montar y trasladar	20					
Montar una viga	2					
Verificar camplate	5					
Buscar herramientas	8					
Montar vigas	32					
Buscar y trasladar el cabezal	8					
Instalar el cabezal	15					
Buscar lunetas con fleje	14					
Instalar cacho	5					
Comenzar a guiar el fleje desde la luneta al mandril	8					
Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo	8					
Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	5					
Girar y llevar fleje a plato 2	10					
Medir plato 1 y 2	7					
Seguir ehnebrando fleje hasta el plato 7	18					
Cuadrar el cabezal (extensiones)	27					
Guiar el fleje en el cabezal y por dentro del eje	19					
Prensar fleje para cuadrar extensiones	8					
Proceso de soldadura	20					
Gira mandril - Tensionar	25					
Medir mandril	14					
Calibra cabezal	26					
Medir cabezal	3					
Darle medida a la varilla de la arena	13					
Ingresar Setup en PLC	4					
Buscar bandeja arena	1					
Instalar bandeja y recoger	2					
Llevar a pesar arena	7					
Digitar peso arena en PLC	0,5					
Buscar y armar los elementos de limpieza	18					
Instalar bandeja de residuos y plastico	14					
Probar los chopppers y recircular resina	1					
Realiza plantillas de marcacion	25					
Ajustar mesas y elementos de arranque	15					
Realizar auditoria de arranque	15					
Total	756,5	446	70	116	98	27

Fuente: Propia

Análisis grafico 7 - cursograma analítico

Este cursograma muestra la trayectoria del procedimiento del montaje, señalando todos hechos sujetos al examen mediante el símbolo que corresponda, a continuación, se presenta el tiempo real del procedimiento de montaje, de manera general de cada uno de los procesos.

El tiempo real dio como resultado 12,6hh es decir 12 horas con 36 min, al comparar este resultado con el tiempo estándar para este montaje que es de 10hh (tiempo para montajes entre DN300 a DN1200), en el que se refleja que el aumento de tiempo se da en las siguientes actividades:

Traslado de vigas, ya que es muy distante al área de montaje de la maquina B3 y para este traslado se debe cruzar por diferentes zonas.

Búsqueda de herramientas, el cual no se planifica el número y el tipo de herramientas a utilizar en el montaje.

Buscar y armar los elementos de limpieza, el cual se debe organizar una vez que se han montado las vigas, ya que el operario lo realiza minutos antes del arranque.

Ajustar mesas y elementos de arranque, lo cual no se hace sino cuando se está iniciando la producción y esto genera retrasos porque no se alistan en el momento correspondiente.

Demostrando la falta de organización y asignación de actividades. el porcentaje de cumplimiento para este montaje es de 79,31%

Tabla 4: Resumen de cursograma

PROCESO	DESCRIPCION	TIEMPO (min)	TIEMPO (hh)
	Actividades de proceso	455,5	7,6
	Actividades de inspeccion	70	1,2
	Demoras, retrasos, busquedas	116	1,9
	Transporte	98	1,6
	Almacenamiento	27	0,5

Fuente: Propia

El procedimiento para hallar el 79,31% es el siguiente:

El indicador nos dice que se debe dividir el tiempo teórico entre el tiempo real del montaje, por lo tanto:

Ecuación 2: Ecuación % cumplimiento de montaje

$$\frac{\text{Tiempo teorico de montaje}}{\text{Tiempo real de montaje}} * 100$$

$$600\text{min}/756.5\text{min} * 100 = 79,31\%$$

Las actividades que se describen en el cursograma analítico muestran la secuencia necesaria para el desarrollo del montaje, estas actividades son ejecutadas por los operarios de manufactura los cuales se dividen en:

1. Operario de máquina: Es la persona que lidera el proceso de montaje y recibe las instrucciones del supervisor de manufactura con los datos necesarios para el cambio de formato, (diámetro, platos a utilizar, espesor de fleje, etc.)

2. Operario de limpieza: Es considerada la mano derecha del operario de máquina y recibe las instrucciones y ejecuta junto a este las actividades para el cambio de formato.

3. Operario de calibración: Es la persona encargada de calibrar la tubería para que los espigos de esta estén en la medida requerida por el setup y pueda entrar el acople sin dañar el tubo, una vez que retira el scrap del ultimo tubo fabricado acompaña junto a los operarios de máquina y limpieza a realizar el montaje.

4. Operario de hidrotester: Es la persona encargada de realizar las pruebas hidrostáticas a la tubería, este acompaña a los operarios de máquina, limpieza y calibración a realizar el montaje.

5. Supernumerario: Es la persona encargada de acoplar la tubería cuando esta requiera ser acoplada, en caso de que no lleve acoples la tubería realiza otras actividades de reparaciones y/o corte de tubería, este acompaña por instrucción del supervisor al montaje junto a los demás operarios.

Después de conocer el cursograma del montaje de la maquina enrolladora B3 se desarrollará el diagrama Hombre-Máquina para analizar mejor el ciclo de trabajo de los operarios y la máquina.

8.1.5 Proceso específico de montaje de tubería en GRP operado por la máquina B3.

Alcance de ciclo: Actividad de inicio – Actividad final.

Gráfico 8: Diagrama Hombre - Máquina sin SMED

Diagrama Hombre - Máquina										
Operación	Montaje maquina B3								T. productivo (trabajo o traslado)	
Departamento	Producción								T. improductivo (preparación)	
Realizado por	Luisa Hurtado - Mauricio Banquez								T. improductivo (t. muerto u ocio)	
Fecha:	23/10/2020									

Maquina B3	TIEMPO (min)	Operario 1 (Op. Maquina)	Operario 2 (Op. Limpieza)	Operario 3(Op. Calibracion)	Operario 4 (Hidrotester)	Operario 5 (Supernumerario)
Tiempo muerto	60	Retirar el Scrap	limpieza en maquina	Remover el Scrap del Ultimo tubo	Prueba del ultimo tubo	Acoplado del ultimo tubo
Desenrollar el fleje	23	Buscar soldadura	Buscar soldadura	Buscar soldadura	Tiempo muerto	Tiempo muerto
	7	cortar soldadura	cortar soldadura	cortar soldadura		
	20	quitar el cacho	quitar el cacho	llevar fleje a la luneta	llevar fleje a la luneta	llevar fleje a la luneta
	45	tiempo muerto	comenzar a enrollar el fleje en la luneta	comenzar a enrollar el fleje en la luneta	amarrar fleje a la luneta	amarrar fleje a la luneta
	17	retirar macho solo y ultimas vueltas	retirar macho solo y ultimas vueltas	tiempo muerto	llevar la luneta a su sitio marcada	llevar la luneta a su sitio marcada
soltar y bajar el cabezal	15	soltar y bajar el cabezal	soltar y bajar el cabezal	tiempo muerto	Tiempo muerto	Tiempo muerto
retirar vigas	20	Buscar y transportar carros de vigas	Buscar y transportar carros de vigas	Buscar y transportar carros de vigas	Buscar y transportar carros de vigas	Buscar y transportar carros de vigas
	7	tiempo muerto	tiempo muerto	Posicionar carros debajo del mandril	Posicionar carros debajo del mandril	Posicionar carros debajo del mandril
	15	Buscar herramientas	Buscar herramientas	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto
	20	Bajar vigas	Bajar vigas	Bajar vigas	Bajar vigas	Bajar vigas
	15	Llevar carros de vigas a su puesto	Llevar carros de vigas a su puesto	Llevar carros de vigas a su puesto	Llevar carros de vigas a su puesto	tiempo muerto
retirar platos	7	Soltar campana	Soltar campana	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto
	12	tiempo muerto	tiempo muerto	Buscar puente grúa y eslingas	Buscar puente grúa y eslingas	tiempo muerto
	40	Retirar platos	Retirar platos	Retirar platos	tiempo muerto	tiempo muerto
	20	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto	Llevar platos a su sitio	Llevar platos a su sitio

Diagrama Hombre - Máquina sin SMED

colocar nuevos discos	13	Buscar platos a colocar y trasladar	Buscar platos a colocar y trasladar	Buscar platos a colocar y trasladar	Tiempo muerto	Tiempo muerto
	38	Montar platos	Montar platos	Montar platos	Instalar campana	Instalar campana
Instalar el cabezal	8	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto	Buscar y trasladar el cabezal	Buscar y trasladar el cabezal
	15	instalar el cabezal	instalar el cabezal	instalar el cabezal	tiempo muerto	tiempo muerto
Calibrar camplate y Colocar vigas	28	Buscar herramientas	Buscar vigas a montar y trasladar	Buscar vigas a montar y trasladar	Buscar vigas a montar y trasladar	Buscar vigas a montar y trasladar
	2	Montar una viga	Montar una viga	Montar una viga	Montar una viga	Montar una viga
	5	Calibrar camplate	Calibrar camplate	Calibrar camplate	Tiempo muerto	Tiempo muerto
	32	Montar vigas	Montar vigas	Montar vigas	Montar vigas	Montar vigas
Colocar el cacho	5	Instalar el cacho	Instalar el cacho	Tiempo muerto	Tiempo muerto	Tiempo muerto
	14	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto	Buscar lunetas con fleje	Buscar lunetas con fleje
Enrollar el fleje	16	Comenzar a guiar el fleje desde la luneta al mandril	Comenzar a guiar el fleje desde la luneta al mandril	Comenzar a guiar el fleje desde la luneta al mandril	Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo	Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo
	5	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Tiempo muerto	Tiempo muerto	Tiempo muerto
	10	Girar y llevar fleje a plato 2	Girar y llevar fleje a plato 2	Girar y llevar fleje a plato 2	Tiempo muerto	Tiempo muerto
	7	Medir plato 1 y 2	Medir plato 1 y 2	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto
	18	Seguir enhebrando fleje hasta el plato 7	Seguir enhebrando fleje hasta el plato 7	Seguir enhebrando fleje hasta el plato 7	tiempo muerto	tiempo muerto
	27	Cuadrar el cabezal (extensiones)	Cuadrar el cabezal (extensiones)	Cuadrar el cabezal (extensiones)	tiempo muerto	tiempo muerto
	19	Guiar el fleje en el cabezal y por dentro del eje	Guiar el fleje en el cabezal y por dentro del eje	Guiar el fleje en el cabezal y por dentro del eje	tiempo muerto	tiempo muerto
	8	Prensar fleje para cuadrar extensiones	Prensar fleje para cuadrar extensiones	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto
Hacer sin fin	20	Proceso de soldadura	Proceso de soldadura	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto
Calibrar arena	17	Ingresar Setup en PLC	Darle medida a la varilla de la arena	tiempo muerto	Darle medida a la varilla de la arena	tiempo muerto
	3	tiempo muerto	Instalar bandeja y recoger	Buscar bandeja de arena	Instalar bandeja y recoger	Buscar bandeja de arena
	7	tiempo muerto	Llevar a pesar la arena	tiempo muerto	Llevar a pesar la arena	tiempo muerto
	0,5	Digitar peso de arena en PLC	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto

Diagrama Hombre - Máquina sin SMED

Girar y tensionar mandril		25	Girar y tensionar mandril		tiempo muerto		tiempo muerto		Girar y tensionar mandril		Girar y tensionar mandril	
Medir mandril		14	Medir mandril		Medir mandril		tiempo muerto		tiempo muerto		tiempo muerto	
		26	tiempo muerto		tiempo muerto		tiempo muerto		Calibra cabezal		Calibra cabezal	
		3	Medir Cabezal		tiempo muerto		tiempo muerto		Medir Cabezal		Medir Cabezal	
Montaje de bandeja y rodillos		18	tiempo muerto		Buscar y armar los elementos de limpieza		tiempo muerto		tiempo muerto		tiempo muerto	
		14	tiempo muerto		Instalar bandeja de residuos y plástico		Instalar bandeja de residuos y plástico		tiempo muerto		tiempo muerto	
Inspeccion y auditoria		26	Probar los choppers y recircular resina		tiempo muerto		Realiza plantillas de marcación		tiempo muerto		tiempo muerto	
		15	Ajustar mesas y elementos de arranque		Ajustar mesas y elementos de arranque		Ajustar mesas y elementos de arranque		tiempo muerto		tiempo muerto	
		15	Realizar auditoria de arranque		tiempo muerto		tiempo muerto		tiempo muerto		tiempo muerto	
		756,5										

Fuente: Propia

Análisis gráfico 10 – Diagrama hombre - maquina

B3 del diagnóstico realizado mediante el diagrama hombre-máquina, podemos detallar que hay una ocupación más alta en los operarios 1, 2, y 3 que en los operarios 4, y 5. Esto se debe a 2 cosas: a que las actividades no están distribuidas equitativamente entre los operarios, debiéndose a la falta de planificación de las actividades por parte de los supervisores, y a que no hay suficiente capacitación en los operarios de hidrotester y el supernumerario, debido a que anteriormente los operarios 4 y 5, no participaban en el montaje por estar en otras actividades de reparación y/o entrega de tubería a producto terminado.

En las actividades del diagrama hombre máquina hay 60min de limpieza, este tiempo no hace parte del montaje, pero si del proceso de las actividades con los operarios antes de empezar el montaje, en el cual se evidencia como la primera actividad necesaria para alistar y empezar el montaje.

Resumen de los tiempos del diagrama máquina - hombre:

Tabla 5: Tabla resumen diagrama máquina-hombre

RESUMEN	Tiempo del ciclo	Tiempo de acción O TIEMPO PRODUCTIVO	Tiempo de ocio	Porcentaje de utilización
Maquina B3	756,5	756,5	0	100%
Operario 1	756,5	627,5	129	83%
Operario 2	756,5	600	156,5	79%
Operario 3	756,5	490	266,5	65%
Operario 4	756,5	395	361,5	52%
Operario 5	756,5	358	398,5	47%

Fuente: Propia

Para calcular la utilización del operario aplicaremos la siguiente formula:

$$\% \text{ de utilización es igual a: } \frac{T_o}{T_c} \times 100$$

Donde:

To= Tiempo productivo del operario

Tc= Tiempo de ciclo

Según el resultado del cálculo, se observa que los operarios 4 y 5 tienen más tiempo de ocio que los operarios 1, 2,3 esto se debe a la falta de asignación de actividades, antes de empezar el proceso de montaje.

De acuerdo con el diagrama causa efecto y el diagrama de Pareto podemos evidenciar que los resultados obtenidos en estos diagramas concuerdan con el resultado del diagrama hombre – Maquina

- Falta de capacitación y experiencia en el montaje
- Falta de planeación para las actividades del montaje
- Falta de personal (disponibilidad y rotación)

Mediante la implementación de los diagramas anteriores se obtiene como resultado el análisis actual del proceso de montaje desde lo general hasta lo específico.

Con base a las herramientas anteriormente implementadas el diagnóstico evidenciado se detecta unas series de actividades que genera el aumento del tiempo del montaje tales como:

- El distanciamiento de las herramientas o materiales al lugar del montaje
- Tiempo muerto por demora de búsqueda de herramientas
- Mala planeación de las actividades y distribución de estos

Actualmente los tiempos reales del montaje en la maquina B3 tienen una tendencia al aumento, debido a esto la herramienta SMED es utilizada cuando se necesita reducir los tiempos de ciclo aprovechando al máximo el tiempo disponible y utilizando menos tiempos para cambiar herramientas, uno de los beneficios de esta herramienta es, la reducción del stock, la mejora del servicio al cliente, y la capacidad productiva, esta última es la que permite reducir los tiempos de cambio, aumentando la productividad de la empresa, donde el tiempo ahorrado pasa a ser tiempo productivo.

Con lo dicho anteriormente se quiere realizar un modelo SMED para implementar las mejoras necesarias con el fin de minimizar el tiempo del montaje, ya que dicha metodología se ajusta a las necesidades de este proceso.

8.2 Capítulo 2: Diseño de un modelo SMED

8.2.1 Metodología de aplicación SMED

Después de implementar los diagramas de proceso para conocer el diagnóstico del proceso de montaje del maquina B3, a continuación, se llevará a cabo el diseño de un modelo de mejora a través de la herramienta SMED determinando cada una de las actividades realizadas por los operarios, permitiendo la reducción

de los desperdicios del sistema productivo logrando reducir los tiempos de las actividades para cumplir con los tiempos teóricos del montaje.

Para realizar el modelo de SMED se llevará a cabo las siguientes etapas del proceso:

Tabla 6: Etapas del SMED

ETAPAS	ACTUACIONES
1- Etapa preliminar	Estudio de la operación de cambio
2- Primera etapa	Separar tareas internas y externas
3- Segunda etapa	Convertir tareas internas en externas
4- Tercera etapa	Perfeccionar las tareas internas y externas

Fuente: Propia

8.2.1.1 Etapa preliminar.

Para la realización de la etapa preliminar y con el fin de estudiar la operación de cambio, se utilizará una serie de pasos que nos permitirá conocer dicho estudio de la operación. En primer lugar, se desea saber cómo es el layout del área de producción, para identificar como están distribuida las zonas que componen el área de producción, luego se analizará el proceso de montaje de manera general detallando los requerimientos (operarios, herramientas) para cada actividad, y a su vez incluirá el tiempo real de este proceso. Por último, a través de un diagrama de Gantt se representará gráficamente el proceso el cual será utilizado en la optimización de las actividades.

En el grafico 6: Diagrama de recorrido vemos la distribución del área de producción de la empresa Otek Central S.AS identificando las actividades que están relacionadas con el traslado en las 8 zonas principales.

- Zona de almacenamiento E1
- Zona de almacenamiento B3
- Zona de almacenamiento U2
- Almacén
- Maquina B3
- Maquina U2
- Montaje Rápido
- Área de vigas

8.2.1.2 Secuencia de actividades.

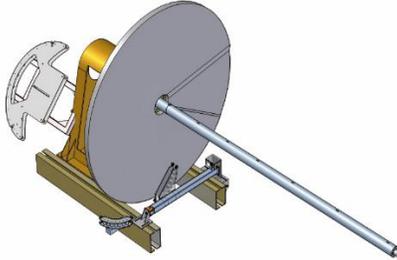
Para comenzar con el diseño de la metodología SMED en la empresa Otek central, se mostrará el siguiente procedimiento de forma general con el fin de determinar la secuencia de las actividades según el proceso del montaje estandarizado por la empresa. Detallando el paso a paso, especificando lo que se necesita para cada actividad.

Los tiempos que a continuación se mostraran serán de forma general detallando el diagnóstico inicial, los cuales se optimizaran en las siguientes etapas del diseño del SMED

Tabla 7: Proceso de montaje

ACTIVIDAD	DEFINICION	OPERARIOS	HERRAMIENTAS	TIEMPOS (min)
Retirar fleje	Una vez se defina la tubería, proceda a cortar el fleje en una soldadura, des tensionando la luneta, utilice el equipo cortador hidráulico para esta actividad; enrolle el fleje en el soporte asignado para esto, utilice la máquina girando a velocidades seguras; etiquete el fleje (espesor), verifique su estado y dependiendo de este, desplácelo a su lugar de almacenamiento.	2	Cortador de fleje. Macho solo. Cinta. Carrete de fleje.	112
Retirar el cabezal	Utilizando el puente grúa con una eslinga adecuada y en buen estado, retire el cabezal del eje y ubíquelo en su respectivo soporte.	2	Llave L de 12mm. Control de puente grua. Eslinga de carga.	15
Retirar Vigas	Disponga de los carros soporte para ubicar las vigas de aluminio a ser retiradas (máximo 25 vigas por carro); en grupos de (4) personas retire las vigas del mandril , gire la máquina lentamente para repetir el procedimiento hasta retirar todas las vigas; ubique las vigas en el area de vigas para para su revisión.	4	Carros de vigas. Llave Allen de 6mm.	77
Retirar conjunto de platos	Se debe soltar la campana que sujeta el eje con el conjunto de platos, mediante una barra se realiza una fuerza de empuje de los platos de la maquina hacia las mesas de elevacion, se amarra la eslinga en los ultimos platos hasta centrar centrar el izaje del conjunto, este se lleva a su zona de almacenamiento	3	Control de Puente grua. Llave Hexagono de 16mm. Eslinda de carga.	79

Imagen 6: Maquina sin montaje



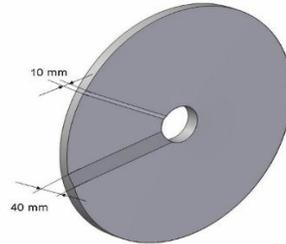
Fuente: Documento de la empresa Otek

Cumpliendo estas actividades la maquina quedaria de esta manera donde solo se tiene el eje sin el molde.

Proceso de montaje

Colocar nuevos discos	Se ubica el conjunto de discos donde este almacenado o en la zona de montaje rapido. Estos se trasladan mediante unos carros de transporte de conjunto o con el puente grua hacia a maquina B3, luego mediante una barra se va realizando una fuerza para ingresarlo en el sentido de las mesas de elevacion hacia la maquina, una vez instalado se asegura con la campana nuevamente	3	Control de Puente grua. Llave Hexagono de 16mm. Eslinda de carga. Carros para transportar montajes	51
Colocar el cabezal	Empleando el puente grúa transporte el cabezal previamente armado y calibrado, ubíquelo en el extremo del eje y asegúrelo con los tornillos, con el torque especificado. Es responsabilidad del operario de máquina o el operario de manufactura designado, verificar el estado del cabezal antes de su montaje.	1	Llave L de 12mm. Control de puente grua. Eslinga de carga.	23
Calibrar el camplate	Tomando una viga como referencia se gira el mandril para verificar el recorrido o avance de los "Pushers", teniendo en cuenta que el extremo de estos, en la parte más alta del cam plate, deben quedar alineados con la guía de bronce. En esta actividad se debe hacer un desplazamiento de las vigas desde el area de vigas hasta la maquina B3	4	Carros de vigas. Llave Allen de 6mm.	7

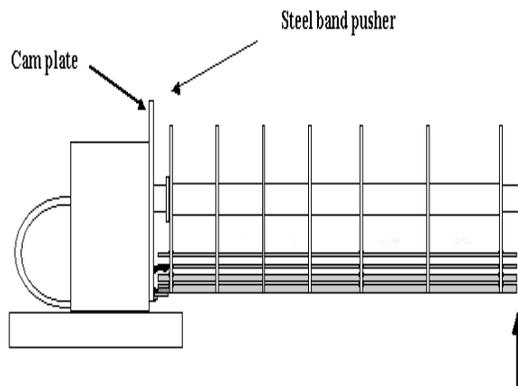
Imagen 7: Representación del camplate



Fuente: Documento de la empresa Otek

Colocar las vigas	Las vigas deben quedar totalmente alineadas con una distancia entre 10 - 15 mm con respecto al primer rodamiento de las extensiones del cabezal ya que esto evita que se golpeen en proceso contra el cabezal.	4	Carros de vigas calibradas. Llave Allen de 6mm. Flexometro. Martillo de goma.	60
-------------------	--	---	--	----

Imagen 8: Representación de montaje de vigas

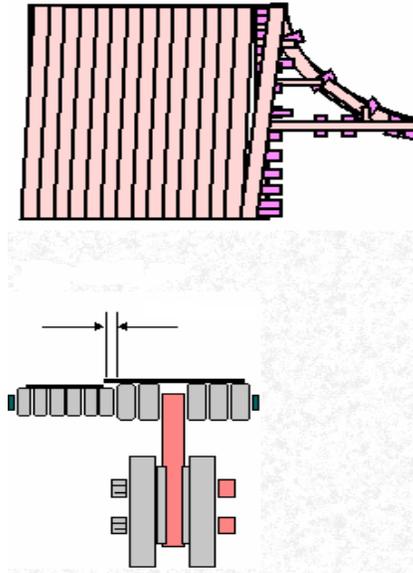


Fuente: Documento de la empresa Otek

Proceso de montaje

Colocar el cacho	Montar el cacho sobre las perforaciones roscadas del cam plate asegurando que todas las roldanas de los Pushers se desplacen libremente sobre la depresión del plato leva para iniciar nuevamente su recorrido.	1	Cacho. Llave hexagono de 16mm.	5
Enrollar el fleje sobre el mandril	Disponga el rollo de fleje a ser montado cerca de la entrada del inversor del fleje; utilizando un alicate de presión (“hombre solo”), sujete la primera vuelta del fleje con la segunda del mismo, esto permite enrollar el fleje con la máquina en movimiento, enrolle hasta llegar al primer plato y verifique la medida del ID. Si el ID no cumple especificaciones retire el tramo del fleje y proceda a recalibrar el mandril; si el ID cumple especificaciones, continúe enrollando el fleje hasta el extremo de las vigas cerca del cabezal y detenga la máquina; retire el alicate de presión y de forma manual oriente el fleje para que describa la trayectoria de la “curva de retorno” del cabezal	3	Carrere de fleje de acuerdo al espesor requerido en el montaje. Macho solo. Mylar. Marcador. Circometro. Documento para anotar las medidas.	124

Imagen 9: Representación del mandril



Fuente: Documento de la empresa Otek

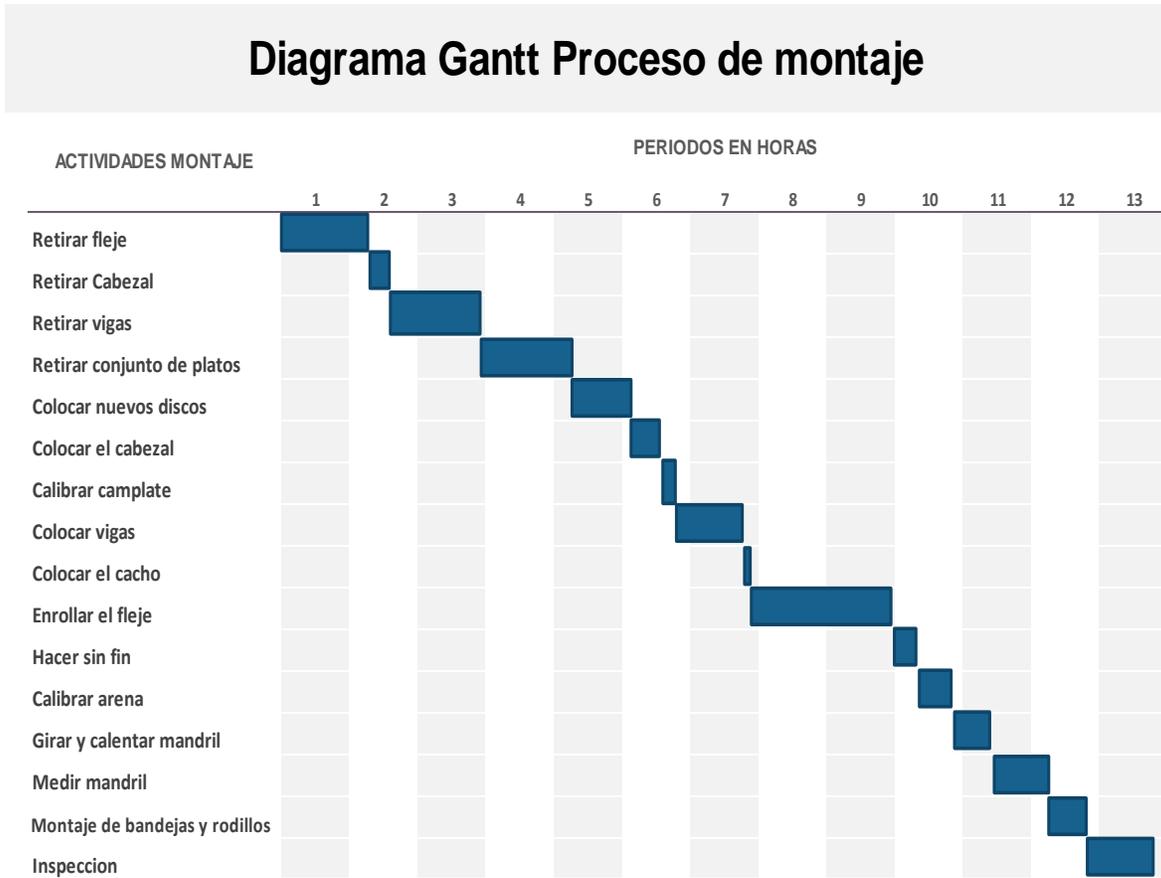
Proceso de montaje

Hacer sin fin con soldadura	Se utiliza uno de los 2 soldadores, 1 de Brasil o 1 de medellin, para realizar las soldaduras en los montajes. Hay un procedimiento especifico de hacer soldadura, el cual el operario de maquina debe cumplir para realizar un buen empalme y evitar roturas en producción.	2	Equipo de soldadura. Lija 240. Escuadra universal. Pulidora de soldadura.	20
Calibrar arena	Para la calibración de arena es necesario que en el PC principal se ingresen las especificaciones de la tubería a fabricar. Luego verifique en la tolva de arena que el ancho de aplicación y la altura de la ranura estén de acuerdo a las especificaciones.	3	Bandeja de arena. Documento para calibracion de arena. Macho solo. Martillo de hierro.	27,5
Giro y precalentamiento del mandril	Accione la máquina a velocidades moderadas (15-20 metros/hora para DN ≤ 2000; 5-10 metro/hora para DN > 2000) con el fin de ajustar el mandril, una persona debe verificar “el cacho” de retorno de los “pusher” y garantizar el correcto funcionamiento de todos. Encienda las lámparas infrarrojas y el horno de inducción según la necesidad para obtener 30-40 °C en el fleje a la entrada.	2	Martillo de goma. Arnes de seguridad.	25
Medir mandril	El Supervisor y/o operario de máquina debe realizar las mediciones del diámetro del mandril utilizando el circometro correspondiente, las medidas deben estar entre las tolerancias permitidas según la especificación requerida.	2	Circometro. Flexometro. Marcador.	43
Montaje de bandejas y rodillos	Seleccione las bandejas, rodillos y mezcladores adecuados de acuerdo al diámetro a fabricar y la velocidad de trabajo. Ubíquelos en la máquina en las posiciones definidas en el setup.	1	Herramientas de limpieza. Carro para transporte de herramientas	32
Inspeccion y auditoria	Se prueban los choppers, la resina, la arena, y el supervisor realiza la auditoria de que todo este bajo las medidas del setup.	2	Lapicero Documento setup	56

Fuente: Procedimiento de montaje - Otek Central (documento interno)

Luego de conocer las actividades, se grafica mediante un Gantt para conocer la secuencia de estas:

Gráfico 9: Diagrama de Gantt - proceso de montaje



Fuente: Propia

El diagrama de Gantt muestra la secuencia de las actividades de manera general, con los tiempos reales establecidos en el proceso de montaje (ver *Tabla 7: Proceso de montaje*), las cuales se realizan una y después la otra, alargando el tiempo de cambio, el tiempo total es de 12,8hh es decir 12 hh con 48 minutos.

Luego de ver gráficamente la secuencia de las actividades general se realizará un proceso de análisis y separación de actividades para determinar el nuevo procedimiento aplicando la herramienta SMED

8.2.1.3 Etapa 1: Separar las actividades internas y externas

En esta etapa se muestra la descomposición de cada una de las actividades de forma general realizando un listado de manera detallada de cada una de ellas. Para entender mejor el concepto de las actividades internas externas, se tiene en cuenta que las internas son las que se ejecutan cuando la maquina esta parada y las actividades externas son las que se pueden realizar con la maquina en marcha y por tanto su tiempo de ejecución no afecta el tiempo de ciclo.

Tabla 8: actividades del montaje antes de aplicar cualquier cambio

PASO N°	ACTIVIDAD DE CAMBIO	TIEMPO	INTERNA	CONVERTIR A EXTERNA
Retirar fleje				
1	Buscar soldadura	23	x	
2	Cortar soldadura	7	x	
3	Llevar fleje a la luneta	15	x	
4	Amarrar fleje a la luneta	15	x	
5	Quitar el cacho	5	x	
6	Comenzar a enrollar el fleje en la luneta	30	x	
7	Retirar macho solo y últimas vueltas	10	x	
8	Llevar la luneta a su puesto (marcada)	7	x	
Retirar el cabezal				
9	Soltar cabezal y bajar	15		x
Retirar vigas				
10	Buscar y transportar carros de vigas	20		x
11	Posicionar carros debajo del mandril	7		x
12	Buscar herramientas	15		x
13	Bajar vigas	20	x	
14	Llevar carros de vigas a su puesto	15	x	
Retirar platos				
15	Soltar campana	7		x
16	Buscar puente grúa y eslingas	12		x
17	Retirar platos	40	x	x
18	Llevar platos a su sitio	20		x
Colocar nuevos discos				
19	Buscar platos a colocar y trasladar	13	x	
20	Montar platos	30	x	
21	Instalar campana	8	x	
Instalar cabezal				
22	Buscar y trasladar el cabezal	8	x	
23	Instalar el cabezal	15	x	
Colocar vigas				
24	Buscar vigas a montar y trasladar	20	x	
25	Buscar herramientas	8	x	
26	Montar vigas	32	x	
Calibrar camplate				
27	Montar una viga	2		x
28	Verificar camplate	5		x

actividades del montaje antes de aplicar cualquier cambio

Colocar el cacho				
29	Instalar cacho	5	x	
Enrollar el fleje sobre el mandril				
30	Buscar lunetas con fleje	14	x	
31	Comenzar a guiar el fleje desde la luneta al mandril	8	x	
32	Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo	8	x	
33	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	5	x	
34	Girar y llevar fleje a plato 2	10	x	
35	Medir plato 1 y 2	7	x	
36	Seguir enhebrando fleje hasta el plato 7	18	x	
37	Cuadrar el cabezal (extensiones)	27	x	
38	Guiar el fleje en el cabezal y por dentro del eje	19	x	
39	Prensar fleje para cuadrar extensiones	8	x	
Hacer sin fin				
40	Proceso de soldadura	20	x	
Calibrar arena				
41	Darle medida a la varilla de la arena	13		x
42	Ingresar Setup en PLC	4		x
43	Buscar bandeja arena	1		x
44	Instalar bandeja y recoger	2		x
45	Llevar a pesar arena	7		x
46	Digitar peso arena en PLC	0,5		x
Giro y precalentamiento del mandril				
47	Gira mandril – Tensionar	25	x	
Medir mandril				
48	Medir mandril	14	x	
49	Calibra cabezal	26	x	
50	Medir cabezal	3	x	
Montaje de bandeja y rodillos				
51	Buscar y armar los elementos de limpieza	18		x
52	Instalar bandeja de residuos y plástico	14		x
Montaje de bandeja y rodillos				
53	Probar los choppers y recircular resina	1		x
54	Realiza plantillas de marcación	25		x
55	Ajustar mesas y elementos de arranque	15		x
56	Realizar auditoria de arranque	15		x
		756,5		

Fuente: Propia

Análisis de la Tabla 8 - actividades del montaje antes de aplicar cualquier cambio

Se tiene en cuenta que en este proceso todas las actividades son internas de acuerdo como se están ejecutando antes de aplicar cualquier cambio debido a que la máquina está apagada y se está realizando un proceso de montaje.

8.2.1.3 Etapa 2: Convertir las actividades internas en externas

El análisis de las actividades nos dio como resultado la selección de las actividades con potencial a convertir en externas.

Las actividades internas quedarían con un total de 538min es decir 8,9hh eso equivale a 8 horas y 58 minutos.

Luego de analizar todas las actividades internas. Se procederá con un análisis para determinar cuáles son las actividades que pasaran a ser externas.

Tabla 9: Actividades a convertir a externas

ACTIVIDAD DE CAMBIO	COMENTARIO
Retirar el cabezal	Convertir
Buscar y transportar carros de vigas	Convertir
Posicionar carros debajo del mandril	Convertir
Buscar herramientas	Convertir
Soltar campana	Convertir
Buscar puente grúa y eslingas	Convertir
Llevar platos a su sitio	Convertir
Calibrar camplate	Convertir
Calibrar arena	Convertir
Montaje de bandejas y rodillos	Convertir
Inspección	Convertir

Fuente: Propia

A continuación, se da a conocer cómo se pueden convertir en actividades internas en externas durante el proceso de montaje:

Soltar y bajar el cabezal: Mientras los operarios 1,2 y 3 van terminando de enrollar el fleje en la luneta, los operarios 4,5 pueden soltar y bajar el cabezal.

Buscar y transportar carros de vigas y posicionarlos debajo del mandril: El operario 3 puede ir en busca de los carros de vigas los posiciona debajo del mandril y busca las herramientas para el montaje de vigas, esta actividad termina en paralelo con bajar el fleje y el cabezal.

Soltar campana, buscar puente grúa y eslingas: Cuando los 4 operarios llevan los carros de vigas a su sitio, el operario 5 suelta la campana y busca el puente grúa y las eslingas.

Llevar platos a su sitio: Mientras los operarios 1, 2,3 van montando los platos, los operarios 4 y 5 van llevando los platos que se usaron en la producción anterior a su sitio.

Verificar camplate: Mientras los operarios 1 y 2 van instalando y colocando el cabezal, los operarios 3, 4, 5 trasladan una viga hacia la maquina la colocan y verifican el camplate.

Calibrar arena: comprende las actividades 42 - 46 mientras los operarios 1, 2 y 3 están en el proceso de enrollamiento del fleje y ajustando el cabezal, los operarios 4 y 5 van calibrando la arena.

Montaje de bandejas y rodillos: Mientras los operarios 1 y 3 van haciendo la soldadura, el operario 2 va buscando y armando los elementos de limpieza y los operarios 4 y 5 van colocando la bandeja de residuos.

Medir mandril: Mientras el operario 1 y 2 realizan las pruebas y auditoria de arranque, los operarios 4 y 5 van midiendo el mandril y a su vez el operario 3 va ajustando las mesas para la producción y realizando las plantillas.

8.2.1.4 Etapa 3: Perfeccionar el proceso de las actividades internas.

En esta última etapa se tiene como objetivo reducir al mínimo el tiempo utilizado en las actividades que han quedado como internas, a continuación, se muestra la reducción de los tiempos de algunas de las actividades que se analizaron para cumplir con el desarrollo de esta etapa:

Tabla 10: Reducción de tiempo actividades internas

PASO N°	ACTIVIDAD DE CAMBIO	TIEMPO	INTERNA	SE REDUCE EL TIEMPO A:	TIEMPO MEJORADO	MEJORA IMPLEMENTADA
Retirar fleje						
1	Buscar soldadura	23	x	10	10	Aumentar la velocidad de la maquina para buscar la soldadura mas rapido
2	Cortar soldadura	7	x		7	
3	Llevar fleje a la luneta	15	x		15	
4	Amarrar fleje a la luneta	15	x		15	
5	Quitar el cacho	5	x		5	
6	Comenzar a enrollar el fleje en la luneta	30	x	15	15	Aumentar la velocidad de la maquina para enrollar el fleje mas rapido
7	Retirar macho solo y últimas vueltas	10	x		10	
8	Llevar la luneta a su puesto (marcada)	7	x		7	
Retirar vigas						
9	Bajar vigas	20	x		20	
10	Llevar carros de vigas a su puesto	15	x		15	
Retirar platos						
11	Retirar platos	40	x		40	
Colocar nuevos discos						
12	Buscar platos a colocar y trasladar	13	x		13	
13	Montar platos	30	x		30	
14	Instalar campana	8	x		8	
Instalar cabezal						
15	Buscar y trasladar el cabezal	8	x		8	
16	Instalar el cabezal	15	x		15	
Colocar vigas						
17	Buscar vigas a montar y trasladar	20	x		20	
18	Buscar herramientas	8	x		8	
19	Montar vigas	32	x		32	
Colocar el cacho						
20	Instalar cacho	5	x		5	
Enrollar el fleje sobre el mandril						
21	Buscar lunetas con fleje	14	x		14	
22	Comenzar a guiar el fleje desde la luneta al mandril	8	x		8	
23	Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo	8	x		8	
24	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	5	x		5	
25	Girar y llevar fleje a plato 2	10	x		10	
26	Medir plato 1 y 2	7	x		7	
27	Seguir enhebrando fleje hasta el plato 7	18	x		18	
28	Cuadrar el cabezal (extensiones)	27	x	0	0	Con ayuda del calibrador de cabezal, se eliminaria el tiempo de ajuste de las extensiones
29	Guiar el fleje en el cabezal y por dentro del eje	19	x		19	
30	Prensar fleje para cuadrar extensiones	8	x		8	
Hacer sin fin						
31	Proceso de soldadura	20	x		20	
Giro y precalentamiento del mandril						
32	Gira mandril - Tensionar	25	x	18	18	Aumentar la velocidad de la maquina para que se tense el mandril mas rapido
Medir mandril						
33	Medir mandril	14	x		14	
34	Calibra cabezal	26	x	10	10	Con ayuda del calibrador de cabezal, se reduciria el tiempo de calibracion en el mandril
35	Medir cabezal	3	x		3	
		538			460	

Fuente: propia

Análisis tabla 10 – reducción de tiempo actividades internas

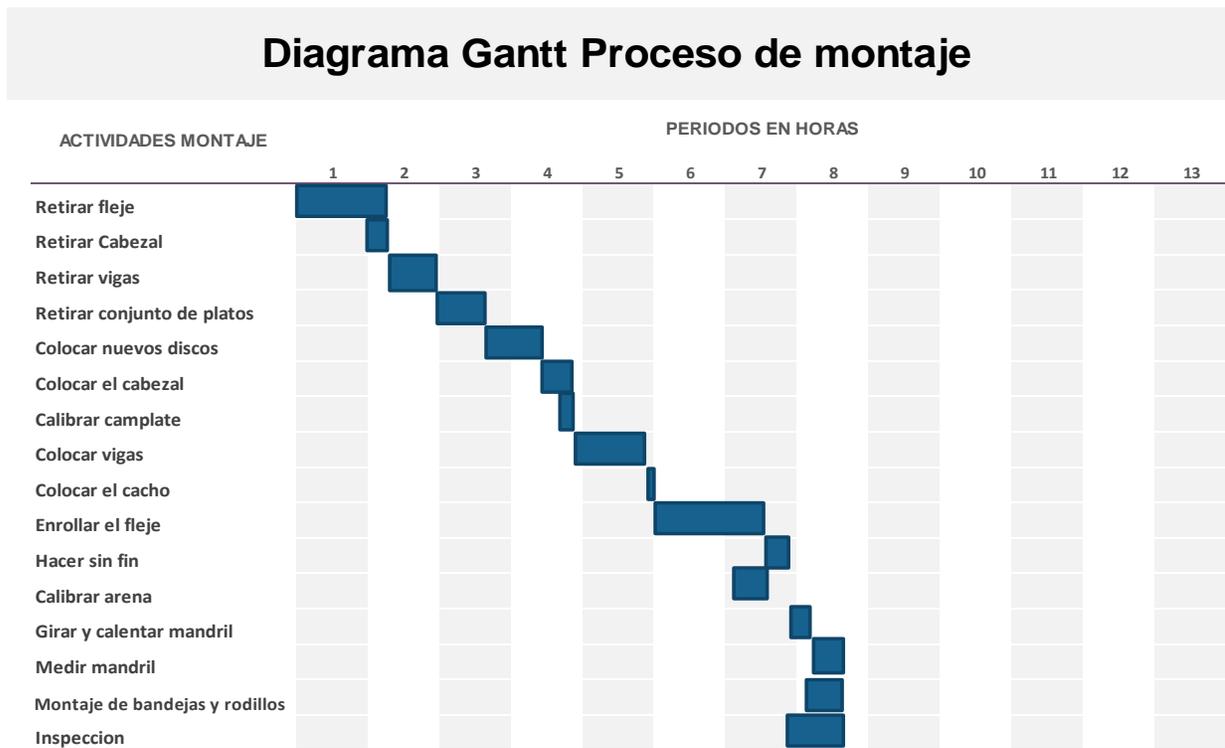
El tiempo total mejorando algunas de las actividades internas es de 460min, es decir 7,66hh lo que equivale a 7 horas y 40min esto nos muestra una reducción de 5hh ya que el tiempo real en el diagnostico nos dio 756,5, (12,60hh)

$$12,60hh - 7,66hh = 4,94hh \text{ aproximadamente } 5hh$$

Aplicando el diseño de la herramienta SMED, con esto se cumpliría el indicador de montaje en este caso y aplicando la ecuación para el cálculo del cumplimiento del montaje (Ver: *Ecuación 3: Ecuación % cumplimiento de montaje*) nos da un cumplimiento del 130%, ya que el tiempo de montaje estándar para esta referencia DN900 es de 10hh según el cuadro de los tiempos teóricos de montaje (Ver: tabla 3: tiempos de montaje teórico)

Para representar gráficamente este resultado con el diseño SMED, se utiliza un diagrama de Gantt:

Gráfico 10: Diagrama Gantt Proceso mejorado



Fuente: Propia

En la siguiente tabla se mostrará como quedaron los tiempos de las actividades internar y externas del montaje de la máquina enrolladora B3 aplicando la herramienta SMED

Tabla 11: Actividades internas y externas aplicando la herramienta SMED

PASO N°	ACTIVIDAD DE CAMBIO	TIEMPO	INTERNA	EXTERNA
Retirar fleje				
1	Buscar soldadura	10	x	
2	Cortar soldadura	7	x	
3	Llevar fleje a la luneta	15	x	
4	Amarrar fleje a la luneta	15	x	
5	Quitar el cacho	5	x	
6	Comenzar a enrollar el fleje en la luneta	15	x	
7	Retirar macho solo y últimas vueltas	10	x	
8	Llevar la luneta a su puesto (marcada)	7	x	
Retirar el cabezal				
9	Soltar cabezal y bajar	15		x
Retirar vigas				
10	Buscar y transportar carros de vigas	20		x
11	Posicionar carros debajo del mandril	7		x
12	Buscar herramientas	15		x
13	Bajar vigas	20	x	
14	Llevar carros de vigas a su puesto	15	x	
Retirar platos				
15	Soltar campana	7		x
16	Buscar puente grúa y eslingas	12		x
17	Retirar platos	40	x	
18	Llevar platos a su sitio	20		x
Colocar nuevos discos				
19	Buscar platos a colocar y trasladar	13	x	
20	Montar platos	30	x	
21	Instalar campana	8	x	
Instalar cabezal				
22	Buscar y trasladar el cabezal	8	x	
23	Instalar el cabezal	15	x	
Colocar vigas				
24	Buscar vigas a montar y trasladar	20	x	
25	Buscar herramientas	8	x	
26	Montar vigas	32	x	
Calibrar camplate				
27	Montar una viga	2		x
28	Verificar camplate	5		x
Colocar el cacho				
29	Instalar cacho	5	x	

Actividades internas y externas aplicando la herramienta SMED

Enrollar el fleje sobre el mandril				
30	Buscar lunetas con fleje	14	x	
31	Comenzar a guiar el fleje desde la luneta al mandril	8	x	
32	Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo	8	x	
33	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	5	x	
34	Girar y llevar fleje a plato 2	10	x	
35	Medir plato 1 y 2	7	x	
36	Seguir enhebrando fleje hasta el plato 7	18	x	
38	Guiar el fleje en el cabezal y por dentro del eje	19	x	
39	Prensar fleje para cuadrar extensiones	8	x	
Hacer sin fin				
40	Proceso de soldadura	20	x	
Calibrar arena				
41	Darle medida a la varilla de la arena	13		x
42	Ingresar Setup en PLC	4		x
43	Buscar bandeja arena	1		x
44	Instalar bandeja y recoger	2		x
45	Llevar a pesar arena	7		x
46	Digitar peso arena en PLC	0,5		x
Giro y precalentamiento del mandril				
47	Gira mandril – Tensionar	18	x	
Medir mandril				
48	Medir mandril	14	x	
49	Calibra cabezal	10	x	
50	Medir cabezal	3	x	
Montaje de bandeja y rodillos				
51	Buscar y armar los elementos de limpieza	18		x
52	Instalar bandeja de residuos y plástico	14		x
Montaje de bandeja y rodillos				
53	Probar los choppers y recircular resina	1		x
54	Realiza plantillas de marcación	25		x
55	Ajustar mesas y elementos de arranque	15		x
56	Realizar auditoria de arranque	15		x
		678.5		

Fuente: propia

Después de aplicar la metodología SMED en el proceso del montaje de la maquina enrolladora B3 se requiere programar reuniones con los trabajadores, en las que se les va presentar los cambios a implementar para dar definición a las mejoras. De esta forma se les plantea el desafío de lograr una fuerte reducción de tiempo en las actividades, y a medida que ellos van colaborando, hacen suyas las propuestas y los logros. Implicando la dedicación en horas de reuniones dedicadas al efecto y a la formación de los operarios.

Como se ha comentado, es importante orientar el proyecto de reducción de tiempos del montaje hacia la mejora continua. Hay que destacar que gran potencial de mejora de esta técnica está asociada a la planificación de actividades, puesto que gran parte del tiempo se pierde por la mala asignación u organización de ello.

Planificar las siguientes tareas reduce el tiempo de cambio:

- organización de las actividades
- herramientas en el lugar asignado
- personal capacitado
- materiales necesarios, etc.

El objetivo es transformar las actividades sistemáticas del proceso, no dejando nada al azar y facilitando que cualquier operario pueda realizar cambios en ausencia del trabajador asignado para la actividad.

Dicho lo anterior en el siguiente objetivo se mostrará los cambios que se implementaran en una simulación mostrando la reducción de tiempo, los beneficios hacia la empresa y cumplimiento a los clientes.

8.3 Capítulo 3: Simulación de la herramienta SMED

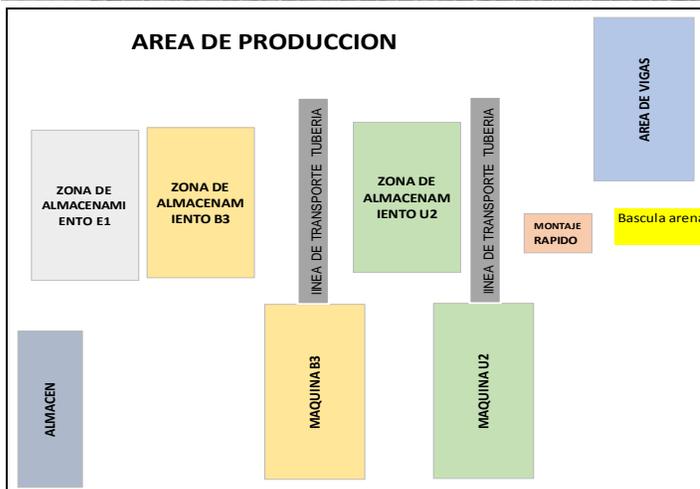
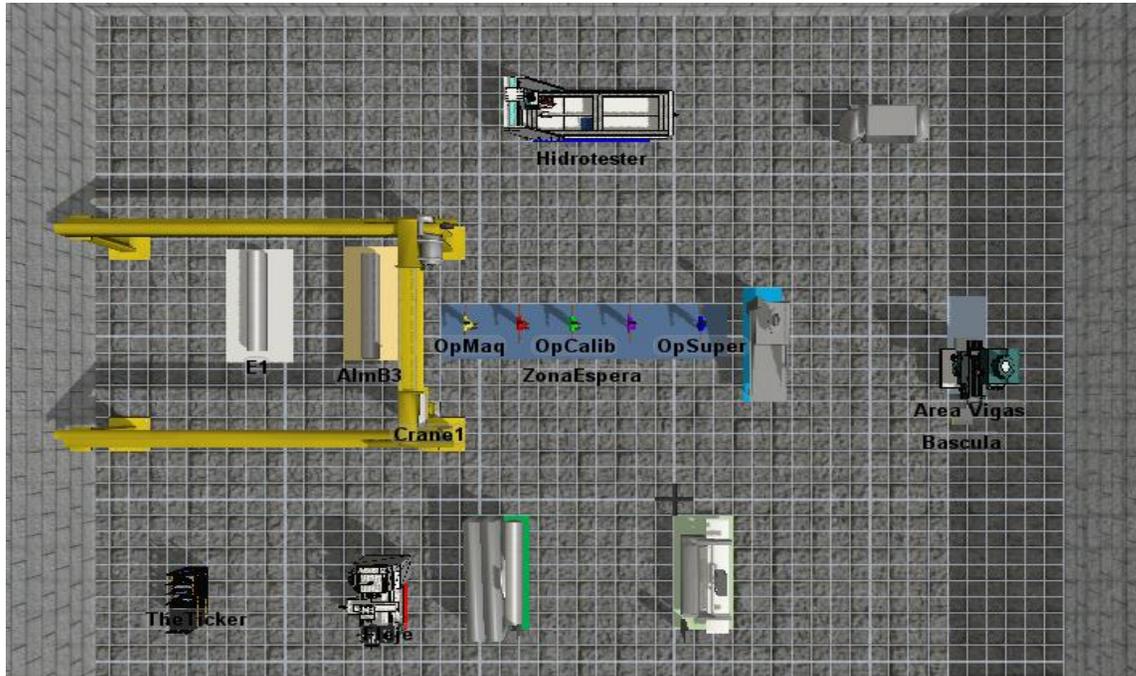
El software que se implementó para la simulación de evidenciar la reducción de los tiempos del proceso de montaje fue Flexsim, el cual ayuda a demostrar las actividades y movimientos de los operarios de una forma más eficiente y eficaz al ser ejecutada. Se emplea para comprender y analizar el balance del área de producción, así como a visualizar como se distribuye las actividades implementado la herramienta SMED y reducción tiempos con un trabajo más sincronizado.

Para la explicación del modelo de simulación, se sigue una metodología donde se explican las etapas del proceso de simulación:

8.3.1 Definición del sistema.

En primer lugar, se define el proceso de montaje con base en los capítulos anteriores, donde se explica mediante los diagramas de proceso (diagrama de recorrido y diagrama Hombre – Máquina) el Layout del área y el flujo de las operaciones tanto actual (real) como la de diseño del SMED.

Imagen 10: Representación gráfica del layout en Flexsim - Vista general



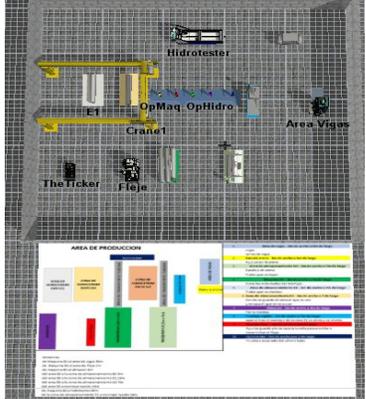
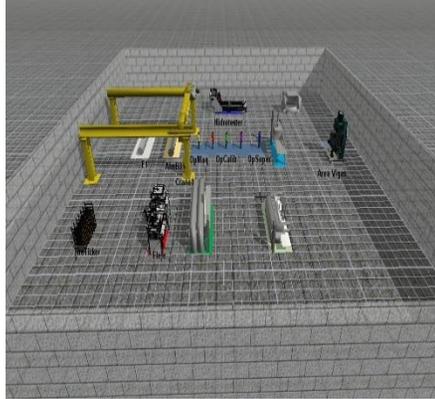
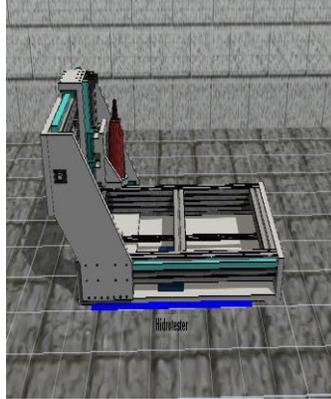
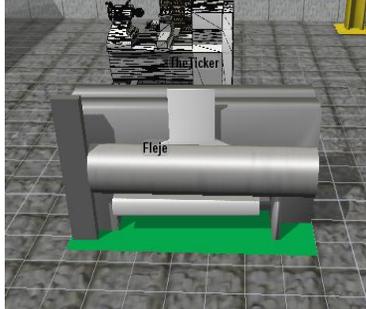
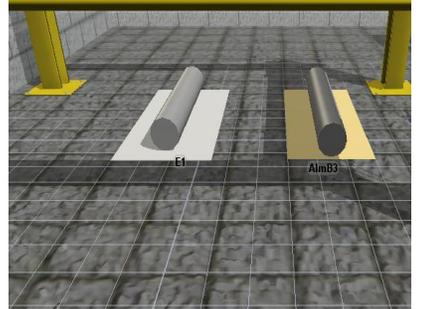
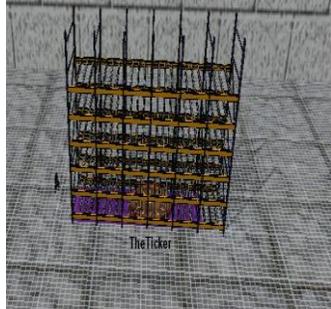
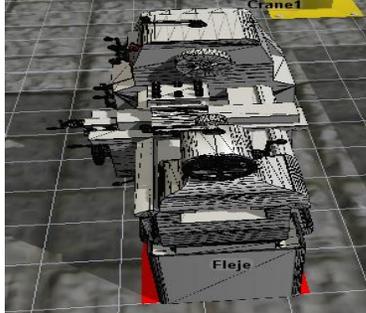
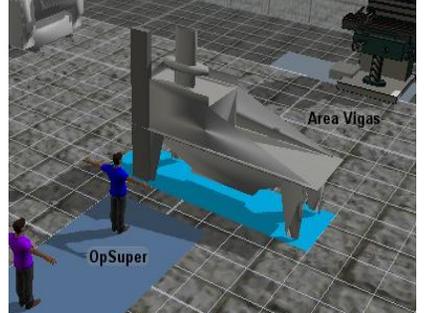
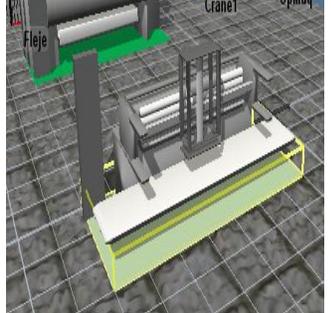
- Area de vigas**
- Vigas
- carros de vigas
- Bascula arena**
- Aquí pesan la arena
- Zona de almacenamiento U2**
- Bandeja de arena
- Platos que se bajan
- Maquina B3**
- todas las actividades del montaje
- Zona de almacenamiento E1**
- Platos que se montan
- Zona de almacenamiento B3**
- Donde se guarda el cabezal que se uso
- y se saca el que se va a usar
- Almacen**
- Herramientas
- montaje rapido**
- aquí se trae el montaje de la zona E1 se alista y se monta

Fuente: Propia

La imagen 10 - representación gráfica del layout en Flexsim muestra la base para la creación del layout del área de producción el cual es el diagrama de recorrido (ver Gráfico 6: Diagrama de recorrido), con base a él se realiza la distribución de las zonas que componen el área de producción.

A continuación, se mostrará cómo se ve la simulación en diferentes ángulos.

Tabla 12: Vistas de las zonas de producción en Flexsim

Vista de techo	Vista principal	Vista Hidrotester
 <p>Diagrama de vista superior del área de producción. Muestra la distribución de máquinas como Hidrotester, E1, OpMaq, OpHidro, Crane1, Area Vigas, The ticker, Fleje y OpSuper. Incluye un cuadro de leyenda con colores que corresponden a diferentes recursos o materiales.</p>	 <p>Vista principal en perspectiva del área de producción, mostrando el flujo de materiales y la ubicación de las máquinas principales.</p>	 <p>Vista detallada de la máquina Hidrotester, mostrando su estructura y componentes.</p>
Maquina B3	Almacenamiento E1 y B3	Almacen
 <p>Vista detallada de la máquina Fleje, que se utiliza para el procesamiento de los flejes.</p>	 <p>Vista de los puntos de almacenamiento E1 y AlmB3, donde se almacenan los materiales antes de ser procesados.</p>	 <p>Vista de un estante de almacenamiento (Almacen) que contiene múltiples unidades de materiales.</p>
Zona de flejes	Zona de montaje rápido	Maquina U2
 <p>Vista de la zona de flejes, mostrando la máquina Fleje y la ubicación de Crane1.</p>	 <p>Vista de la zona de montaje rápido, que incluye a OpSuper y Area Vigas.</p>	 <p>Vista detallada de la máquina U2, utilizada en el proceso de producción.</p>

Fuente: propia

Estas son las vistas de las diferentes zonas del área de producción en el programa Flexsim que se desarrolló a través del diagrama Hombre-Máquina el cual fue realizado uno en el capítulo 1 como Diagrama Hombre-Máquina sin SMED y el otro en el capítulo 2 como diagrama Hombre-máquina aplicando el SMED.

Tabla 13: Diagrama Hombre-Máquina sin SMED

Diagrama Hombre - Máquina						
Operación	Montaje máquina B3					T. productivo (trabajo o traslado)
Departamento	Producción					T. improductivo (preparación)
Realizado por	Luisa Hurtado - Mauricio Barquez					T. improductivo (t. muerto u ocio)
Fecha	23/10/2020					
Maquina B3	TIEMPO (min)	Operario 1 (Op. Máquina)	Operario 2 (Op. Limpieza)	Operario 3 (Op. Calibración)	Operario 4 (Hidrotester)	Operario 5 (Supernumerario)
Desenrollar el feje	60	Retirar el Scrap	limpieza en máquina	Remover el Scrap del Último tubo	Prueba del último tubo	Aceptado del último tubo
Desenrollar el feje	23	Buscar soldadura				
	7	quitar el cacho				
soltar y bajar el cabezal	45	tiempo muerto	comenzar a enrollar el feje en la luneta	comenzar a enrollar el feje en la luneta	llevar feje a la luneta	llevar feje a la luneta
	17	retirar macho solo y ultimas vueltas	retirar macho solo y ultimas vueltas	retirar macho solo y ultimas vueltas	llevar la luneta a su sitio marcada	llevar la luneta a su sitio marcada
retirar vigas	20	Buscar y transportar carnos de vigas				
	7	tiempo muerto				
retirar platos	15	Buscar herramientas				
	20	Bajar vigas				
colocar nuevos discos	15	Llevar carnos de vigas a su puesto				
	7	Soltar campana				
instalar el cabezal	12	tiempo muerto				
	40	Retirar platos				
Calibrar camplate y Colocar vigas	20	tiempo muerto				
	13	Buscar platos a colocar y trasladar				
Colocar el cacho	38	Montar platos				
	8	tiempo muerto				
Enrollar el feje	15	instalar el cabezal				
	28	Buscar herramientas	Buscar vigas a montar y trasladar			
Hacer sin fin	2	Montar una viga				
	5	Calibrar camplate				
Calibrar arena	32	Montar vigas				
	5	instalar el cacho				
Girar y tensionar mandril	14	tiempo muerto				
	16	Comenzar a guiar el feje desde la luneta al mandril	Comenzar a guiar el feje desde la luneta al mandril	Comenzar a guiar el feje desde la luneta al mandril	Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo	Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo
Inspeccion y auditoria	5	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas
	10	Girar y llevar feje a plato 2				
Girar y tensionar mandril	7	Medir plato 1 y 2				
	17	Seguir enhebrando feje hasta el plato 2				
Inspeccion y auditoria	28	Cuadrar el cabezal (extensiones)				
	19	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje
Inspeccion y auditoria	8	Prensar feje para Cuadrar extensiones				
	20	Proceso de soldadura				
Inspeccion y auditoria	17	Ingresar Setup en PLC	Darle medida a la varilla de la arena	Darle medida a la varilla de la arena	Darle medida a la varilla de la arena	Darle medida a la varilla de la arena
	3	tiempo muerto	instalar bandeja y recoger			
Inspeccion y auditoria	0.5	Digitar peso de arena en PLC	Llevar a pesar la arena			
	25	Girar y tensionar mandril	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto
Inspeccion y auditoria	14	Medir mandril				
	28	tiempo muerto				
Inspeccion y auditoria	3	Medir cabezal				
	18	tiempo muerto				
Inspeccion y auditoria	14	tiempo muerto				
	26	Probar los choppers y recircular resina	Ajustar mesas y elementos de arranque			
Inspeccion y auditoria	15	Realizar auditoria de arranque				
	15	Realizar auditoria de arranque				
		756.5	627.5	600	490	395

Fuente: Propia

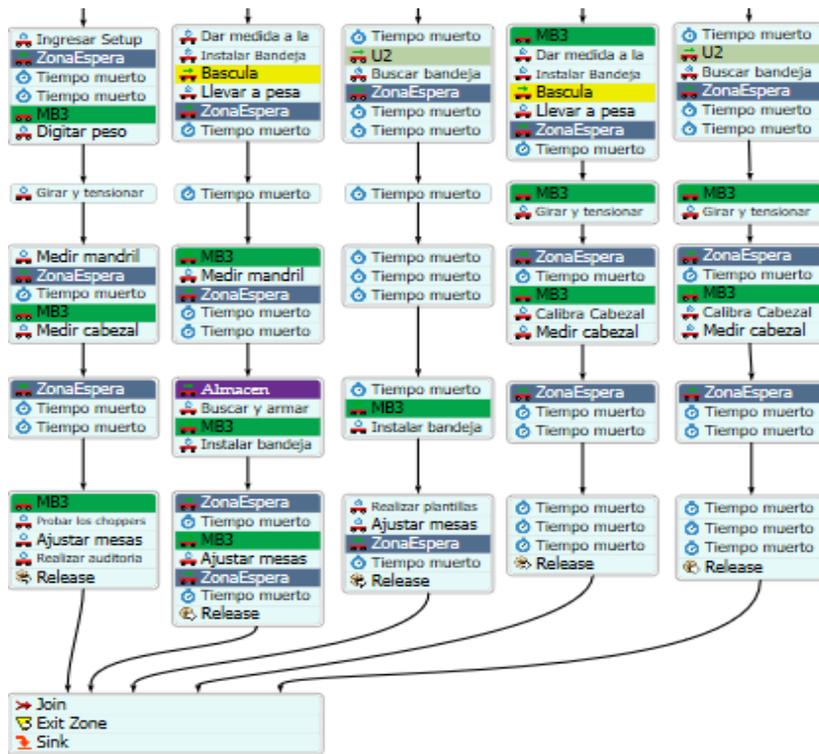
Tabla 14: Diagrama Hombre- Máquina con SMED

Diagrama Hombre - Máquina						
Operación	Montaje máquina B3					T. productivo (trabajo o traslado)
Departamento	Producción					T. improductivo (preparación)
Realizado por	Luisa Hurtado - Mauricio Barquez					T. improductivo (t. muerto u ocio)
Fecha	23/10/2020					
Maquina B3	TIEMPO (min)	Operario 1 (Op. Máquina)	Operario 2 (Op. Limpieza)	Operario 3 (Op. Calibración)	Operario 4 (Hidrotester)	Operario 5 (Supernumerario)
Desenrollar el feje	60	Retirar el Scrap	limpieza en máquina	Remover el Scrap del Último tubo	Prueba del último tubo	Aceptado del último tubo
Desenrollar el feje	10	Buscar soldadura				
	7	quitar el cacho				
Bajar vigas	30	tiempo muerto	comenzar a enrollar el feje en la luneta	comenzar a enrollar el feje en la luneta	llevar la luneta a su sitio marcada	llevar la luneta a su sitio marcada
	17	retirar macho solo y ultimas vueltas	retirar macho solo y ultimas vueltas	retirar macho solo y ultimas vueltas	llevar la luneta a su sitio marcada	llevar la luneta a su sitio marcada
colocar nuevos discos	20	Bajar vigas				
	15	Llevar carnos de vigas a su puesto				
Instalar el cabezal	40	Retirar platos				
	13	Buscar platos a colocar y trasladar				
Montar vigas	38	Montar platos				
	8	tiempo muerto				
Colocar el cacho	15	instalar el cabezal				
	28	Buscar herramientas	Buscar vigas a montar y trasladar			
Enrollar el feje	2	Montar una viga				
	5	Calibrar camplate				
Girar y tensionar mandril	32	Montar vigas				
	5	instalar el cacho				
Inspeccion y auditoria	14	tiempo muerto				
	16	Comenzar a guiar el feje desde la luneta al mandril	Comenzar a guiar el feje desde la luneta al mandril	Comenzar a guiar el feje desde la luneta al mandril	Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo	Dar 2 vueltas y apretar con el macho solo
Inspeccion y auditoria	5	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas	Comenzar a girar lentamente para colocar mylar en vigas
	10	Girar y llevar feje a plato 2				
Inspeccion y auditoria	7	Medir plato 1 y 2				
	17	Seguir enhebrando feje hasta el plato 2				
Inspeccion y auditoria	28	Cuadrar el cabezal (extensiones)				
	19	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje	Guar el feje en el cabezal y por dentro del eje
Inspeccion y auditoria	8	Prensar feje para Cuadrar extensiones				
	20	Proceso de soldadura				
Inspeccion y auditoria	17	Ingresar Setup en PLC	Darle medida a la varilla de la arena	Darle medida a la varilla de la arena	Darle medida a la varilla de la arena	Darle medida a la varilla de la arena
	3	tiempo muerto	instalar bandeja y recoger			
Inspeccion y auditoria	0.5	Digitar peso de arena en PLC	Llevar a pesar la arena			
	25	Girar y tensionar mandril	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto	tiempo muerto
Inspeccion y auditoria	14	Medir mandril				
	28	tiempo muerto				
Inspeccion y auditoria	3	Medir cabezal				
	18	tiempo muerto				
Inspeccion y auditoria	14	tiempo muerto				
	26	Probar los choppers y recircular resina	Ajustar mesas y elementos de arranque			
Inspeccion y auditoria	15	Realizar auditoria de arranque				
	15	Realizar auditoria de arranque				
		410	410	420	403	415

Fuente: Propia

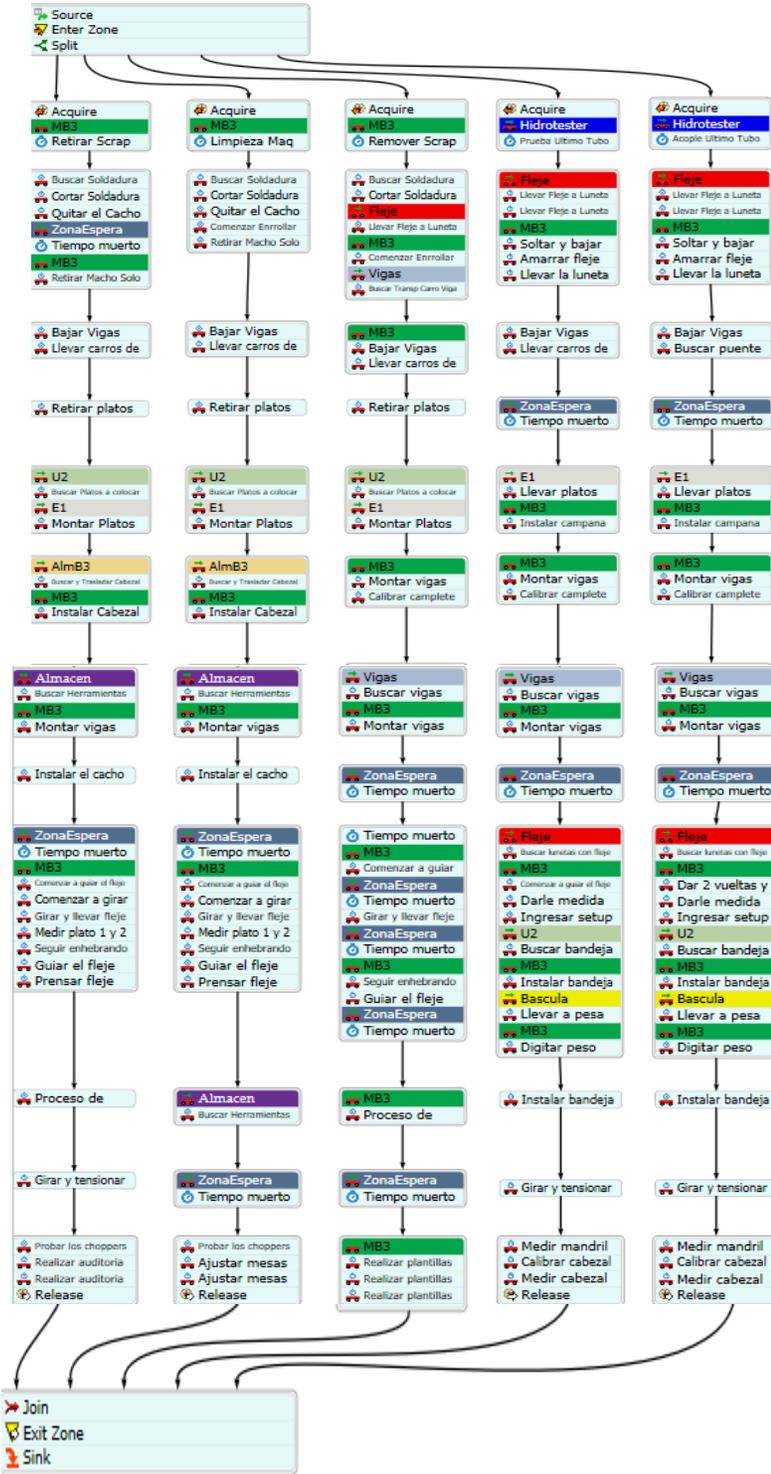
Los diagramas hombre- máquina son la entrada para el desarrollo del Process Flow el cual representa gráficamente el flujo de operaciones en el software Flexsim que ayuda a visualizar y a documentar las entradas y salidas de los diagramas Hombre-Máquina.

Process Flow del diagrama Hombre - Máquina sin SMED



Fuente: Propia

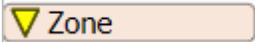
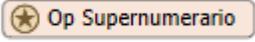
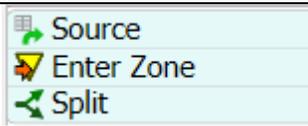
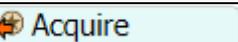
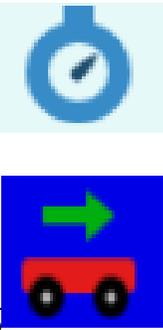
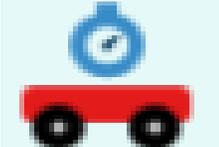
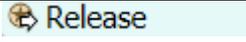
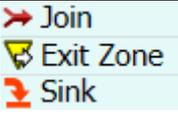
Imagen 12: Process Flow Hombre - Máquina con SMED



Fuente propia

Para conocer mas acerca del diseño del process flow, se muestra la siguiente tabla donde muestra los componentes principales del process flow y asi conocer cada una de las partes que lo componen a detalle.

Tabla 15: Elementos que componen la simulación

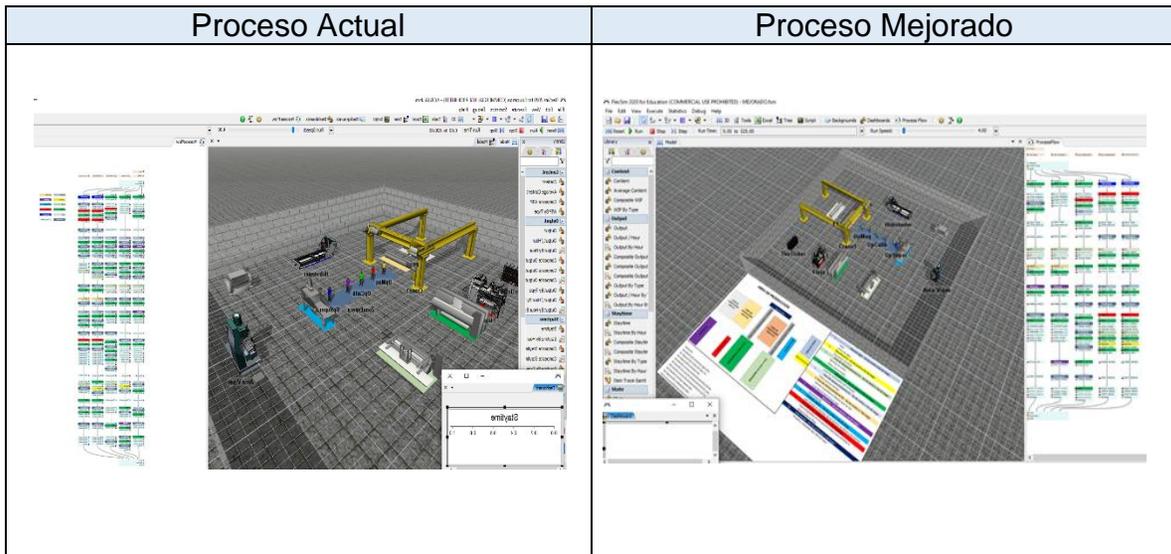
Grafico	Descripcion	Grafico	Descripcion
	Determina todo el proceso en general, tambien nos permite conocer estadisticas de la region, es decir conocer el tiempo total de proceso		Recurso: en este modelo los recursos son los operarios, estos recursos permiten usar elementos limitados, es decir tienen un inicio y un fin
Grafico	Descripcion	Grafico	Descripcion
	Muestra de manera general como se desarrolla la simulacion, source entran a la zona y se conectan mediante los Split. El split permite separar las actividades por operario		Adquiere el operario y lo ocupa en las funciones designadas en el process flow
Grafico	Descripcion	Grafico	Descripcion
	Delay de tiempo: este representa tiempos muertos o tiempos de ocio dentro del process flow. El travel representa movimientos, desplazamientos o traslados		Delay: este simbolo representa tiempo, demora o proceso. En la simulacion representa todas las acciones que realizan los operarios en el proceso de montaje
Grafico	Descripcion	Grafico	Descripcion
	Desocupa al operario cuando ejecuta todas las actividades		El Join permite unir todas las actividades de los operarios en una sola para acabar saliendo de la zona, y por ultimo el sink finaliza la simulacion

Fuente: propia

Para la determinación de la variable independiente (tiempo) el cual es de variable cuantitativa, se usaron los tiempos ya establecidos en los diagramas hombre máquina, donde se muestra la duración de las actividades que ejecutan cada uno de los operarios. Esta es de tipo discreta, ya que la variable toma unos valores ya establecidos y el número de personas que ejecutan el montaje es de 5 operarios. Ver (tabla 13: Diagrama hombre maquina sin SMED y tabla 14: Diagrama Hombre-Máquina con SMED)

La simulación contempla 2 partes, una es la representación simulada del proceso de montaje antes de SMED y la otra parte es la representación mejorada del proceso. La realización de esta simulación permitió por un lado el conocer un software de simulación como lo es Flexsim el cual facilitara su empleo en la explicación de los fenómenos industriales, por otro lado, la simulación de los procesos permite representar los procesos de montaje y así dar a conocer más detalladamente cómo funcionan las actividades, dejando a un lado la necesidad de tener que ir al campo para poder ejecutar un diseño de SMED.

Cuadro 3: Imágenes del Flexsim actual y mejorado



Fuente: Propia

En la siguiente tabla mostraremos como se realiza el montaje realmente

Tabla 16: Presentación grafica del proceso de montaje implementando la herramienta SMED

<p>Limpieza de máquina: La limpieza de máquina se hace cada vez que se finaliza producción, esto para poder ejecutar las actividades de manera limpia y segura.</p>	 A photograph showing several workers in a factory setting. One worker in a red shirt is kneeling and cleaning a large, light-colored rectangular tray or component. Other workers in white shirts and blue pants are standing nearby, observing or assisting. The background shows industrial machinery and a concrete floor.
<p>Retirar fleje: se comienza con el desenrollamiento del fleje para proceder a bajar vigas y platos, para esto se utiliza una luneta que no es más que un equipo donde se almacena el fleje.</p>	 A photograph of a worker wearing a yellow hard hat and yellow gloves, operating a large industrial machine. The worker is unrolling a large, dark-colored coil of material, likely a metal sheet or pipe, from a spool. The machine is mounted on a concrete floor, and the background shows a typical industrial environment with pipes and structural elements.

Retirar cabezal: Con ayuda del puente grúa se retira el cabezal de la máquina y se traslada hacia la zona de almacenamiento B3.

Esta actividad se hace cuando se este desenrollando el fleje.



Retirar vigas: Se bajan las vigas del montaje anterior y se colocan en los carros de vigas, luego estos carros son trasladados a la zona de vigas. Esta actividad se hace con 5 operarios.



Retirar conjunto de platos: Se retira del eje los platos que fueron usados en la producción anterior, y se deja el eje limpio para colocar los de la producción siguiente.



Maquina sin montaje: Así quedaría sin platos la maquina luego de que se bajara el fleje, las vigas y el conjunto de platos.



Colocar nuevos discos: Se seleccionan los discos para ser usados en la referencia a fabricar, estos deben estar armados y con sus respectivos bujes para ser colocados inmediatamente en el eje, esta actividad se realiza con 3 personas



Luego de que se instale los platos inmediatamente se coloca la campana para asegurar el montaje en el eje.



Colocar el cabezal: Se coloca el cabezal de la referencia a utilizar y se instala en el eje luego de haber colocado el conjunto de platos y la campana.



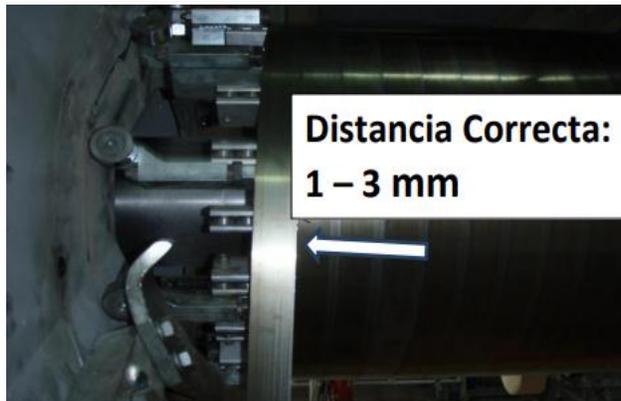
Calibrar el camplate: Se realiza la calibración del camplate luego de que los operarios monten la primera viga, para verificar el empuje de los pushers, los cuales son los elementos que empujan el fleje cuando está girando el mandril.



Colocar las vigas: Se instalan las vigas para la nueva referencia, esta actividad se realiza con 5 personas.



Colocar el cacho: El cacho se coloca para darle guía a los pushers en el camplate, esto es colocado por 2 operarios



Enrollar el fleje: Cuando ya han terminado de montar las vigas, se procede a arropar con el fleje para conformar el mandril.



Hacer sin fin: Cuando ya se finaliza de enhebrar el fleje en el mandril, se procede a unir las puntas del fleje para así poder realizar el sin fin mediante un equipo de soldadura.



Calibrar arena: cuando ya se está enhebrando el fleje se procede con la calibración de la arena, que consiste en colocar una bandeja especial para recoger la arena que sale de la maquina cuando cae al mandril, por 1 min, este peso se toma y se digita en el PLC para saber con qué dato de Kg de arena se va a arrancar.



Giro y precalentamiento del mandril: El mandril cuando ya se tiene el fleje instalado y se hace el sin fin se debe girar para tensionar y así tener las medidas reales con las que se iniciaría la producción.



Medir mandril: Esta actividad se hace con el fin de verificar las medidas que debe tener el mandril, con ayuda de un circo metro, se mide el diámetro de cada uno de los platos, identificándolos. previamente en el mandril para así asegurar que tengan la medida correspondiente.



Al igual se hace con el cabezal, logrando una medida por debajo del plato 7 para evitar que el tubo saque el fleje en este punto.



Montaje de bandejas y rodillos: Se seleccionan los rodillos y las bandejas a usar en el montaje, estas son ubicadas por el operario de limpieza quien de acuerdo al setup de la producción, instala los elementos necesarios para la conformación del tubo.



Inspección y auditoria: Se verifican mesas, se verifica dosificación de materiales, se hacen las plantillas de marcación, esta es la última actividad antes del inicio de producción.



Fuente: propia

Para ser más eficiente en la propuesta de reducción de tiempos mediante la herramienta SMED para disminuir la duración del proceso de montaje se aplica un plan de acción para implementar las mejoras que se obtuvo en el desarrollo del SMED

Tabla 17: Plan de acción

		PLAN DE ACCIÓN - IMPLEMENTANDO SMED																				
OBJETIVO																						
Realizar la implementacion de la herramienta SMED en la empresa Otek Central S.A.S.																						
META																						
Lograr cumplir con el 85% o mas del indicador de montajes en el area de produccion de Otek Central S.A.S																						
Ciclo	ACTIVIDAD	CRONOGRAMA VIGENCIA															Responsable (s)	RECURSOS		INDICADOR	OBSERVACIONES	
		ENERO					FEBRERO					MARZO						Administrativos	Financieros			
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5							
Planificación del SMED	Socializacion de la herramienta a todo el personal																	Gerente de manufactura	x		# de operarios informados / # de operarios total	se realizara la reunion el dia 04/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a
	Asignacion de grupos lideres de SMED																	Coordinador de manufactura	x		# de operarios de asignacion/# de operarios total	se realizara la reunion el dia 08/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a
	Asignacion de responsabilidades del SMED																	Coordinador de manufactura	x		# colaboradores asignados/# operadores total	se realizara la reunion el dia 11/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a laborar
	Establecimiento del seguimiento del SMED																	Gerente de manufactura	x		# de reuniones planeadas para seguimiento semanal/ # reunines de seguimiento mensual	se realizara la reunion el dia 15/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a laborar
Ejecucion del SMED	Revision del estado actual de las herramientas y																	Supervisor de manufactura	x		# de areas diagnosticadas / # de areas a diagnosticar	se realizara la reunion el dia 15/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a
	Analisis y divulgacion del informe de paros.																	Coordinador de manufactura	x		# de operarios informados / # de operarios total	se realizara la reunion el dia 18/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a laborar
	Identificacion de las actividades externas																	Supervisor de manufactura	x		# de actividades externas/ # de actividades total	se realizara la reunion el dia 22/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a laborar

	Separacion de las actividades externas																Supervisor de manufactura	x		# de actividades total/ # de actividades total externa	se realizara la reunion el dia 22/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a	
	Mejoramiento de las actividades internas																Supervisor de manufactura	x		tiempo mejorado/ tiempo actual	se realizara la reunion el dia 22/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a	
	Estandarizacion de las actividades internas y externas																Supervisor de manufactura y Coordinador de manufactura	x		# actividades de asignacion/ # de actividades total	se realizara la reunion el dia 22/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a laborar	
Verificacion del desarrollo del SMED	Determinacion de mejoras necesarias para la optimizacion del cambio con el grupo de trabajo																Coordinador de manufactura	x		# de actividades de mejora / # de operarios del area	se realizara la reunion el dia 25/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a laborar	
	Gestion e implementacion de las mejoras identificadas en el SMED																Supervisor de manufactura		x	# de mejoras gestionadas / # de mejoras identificadas	se realizara la reunion el dia 29/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a laborar	
	Revision del informe de paro y socializacion a los grupos de trabajo																Coordinador de manufactura	x		# de operarios informados / # de operarios total	se realizara la reunion el dia 29/01/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a laborar	
ACTUAR	Gestion compra y mejoramiento de equipos y herramientas																Supervisor de manufactura y Coordinador de manufactura		x	# de ordenes de compra ejecutadas / # de ordenes de compra totales	se realizara la reunion el dia 01/02/2021 con la duracion de 1 hora antes de empezar a laborar	
	Seguimiento de la implementacion de la herramienta SMED																Supervisor de manufactura y Coordinador de manufactura			# de reuniones ejecutadas / # de reuniones programadas	se realizara la reunion los dias viernes media hora antes de empezar a laborar	
Total Actividades		2	2	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0							

Fuente: Propia

El plan de acción ayudara a implementar las mejoras que se realizo con la herramienta SMED logrando asi llegar a la meta y el objetivo propuesto. Inicia en enero ya que se cuenta que todos los trabajadores estan trabajando y no en vacaciones, el plan de acción ayuda la planificación empleada para la gestión y control de actividades , es una hoja de ruta que establece la manera en que se organiza, orienta e implementa el conjunto de tareas necesarias para implementar en la mejora.

El valor agregado que se propone con el plan de mejoramiento es el de desarrollar la implementación de la herramienta SMED de una manera organizada y en un tiempo estipulado conociendo y programando los espacios necesarios para su desarrollo. Es de mucha importancia socializarlo con el personal operativo ya que ellos son los que ejecutaran todos los puntos del SMED.

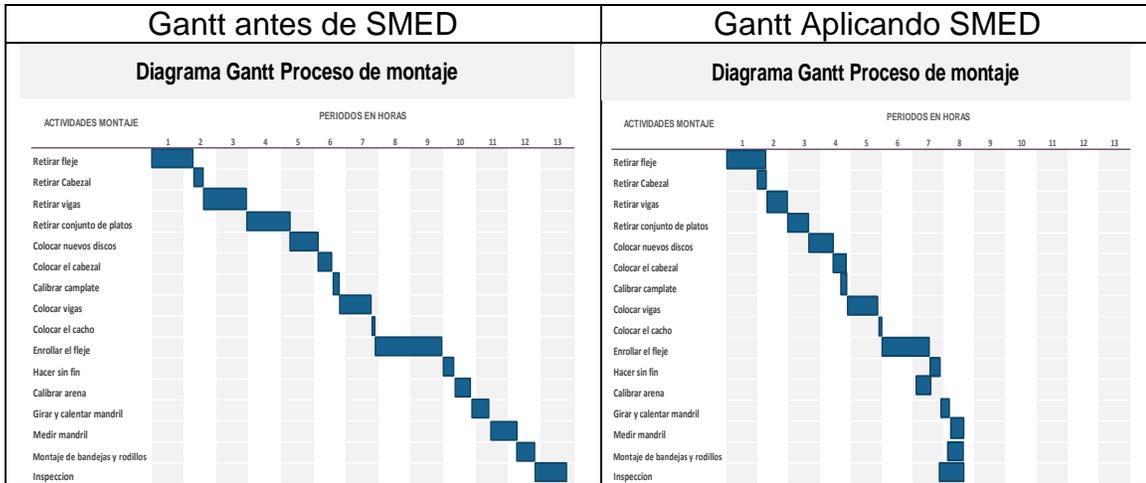
9. RECOMENDACIONES

- 1- Para llevar a cabo la aplicación de la herramienta SMED, es necesario contar con la participación de todo el personal operativo y de supervisión, y para esto se debe realizar una presentación de la herramienta, dando a conocer sus beneficios tanto como para la empresa y los colaboradores.
- 2- Es recomendable asignar líderes responsables para establecer los compromisos necesarios con el fin de mantener el desarrollo de las actividades del SMED. Se recomienda principalmente crear un grupo interdisciplinar, operarios de mantenimiento, de producción y supervisores para darle mayor apoyo y cobertura a la herramienta.
- 3- La aplicación de la herramienta de las 5's permite complementar la herramienta SMED, ya que para que SMED tenga éxito, las áreas de trabajo y las herramientas deben estar completamente organizadas y las más cercas posibles, facilitando así la identificación rápida de los elementos y espacios utilizados en el proceso de montaje.
- 4- Programar de manera estandarizada reuniones con los líderes, ya sea semanales o mensuales, con el fin de realizar el adecuado seguimiento a la herramienta, donde se puedan plantear mejoras propuestas, recomendaciones para el desarrollo de las actividades, no solo de manera productiva sino también de manera segura, y todos los hallazgos que permitan mejorar continuamente la aplicación de la herramienta.
- 5- Compartir los resultados obtenidos con la herramienta en término de indicadores, celebrar los éxitos con todos los colaboradores, así como también brindar espacios para realizar capacitaciones que permitan una mayor apropiación y conocimiento de la herramienta.

10. CONCLUSIONES

1. Para minimizar los tiempos de duración del montaje en la máquina enrolladora B3 mediante la herramienta SMED, además de conocer cómo se ejecuta la herramienta, se debe de implementar un adecuado plan de trabajo con los operarios, entrenándolos y mejorando los detalles en las actividades tanto internas como externas, esto buscará mantener o mejorar los tiempos de ciclo de las actividades, y por lo tanto se optimizará la utilización de los recursos, permitiendo aprovechar el tiempo programado para las tareas.
2. Al realizar el diagnóstico del proceso mediante los diagramas de flujo utilizados, se logra entender la operación desde lo más general hasta lo más específico se detecta que el impacto más grande se vio en la utilización de los operarios en el diagrama Hombre-Máquina, los cuales no estaban distribuidos de la manera más óptima, algunos operarios estaban eran más utilizados que otros.
3. Al diseñar la aplicación de la herramienta SMED en el proceso de montaje, se logra convertir actividades internas en externas, teniendo en cuenta solo las actividades del montaje, no se tienen en cuenta cuando esta la máquina trabajando.
4. El software usado para la simulación de las actividades fue Flexsim, ya que permite simular de una mejor manera el proceso de montaje a través del ProcessFlow. Al simular el proceso, se estandarizan las actividades y la distribución de los operarios.
5. Al finalizar el diseño del SMED se determina que la aplicación de esta herramienta disminuye considerablemente el tiempo de cambio de referencia, se logra una reducción de tiempo en un 40% pasando de 765,5min a 460min. Las actividades se analizan de tal manera que los operarios tengan balanceadas las cargas, permitiendo así la reducción total del tiempo del montaje.

Tabla 18: Comparación diagramas de Gantt



6. Al haber cumplido los objetivos del proyecto la empresa puede implementar la herramienta SMED en otras áreas que tengan tiempos excesivos en sus procesos, para así disminuirlos y lograr eficiencia y el cumplimiento de sus objetivos planteados.
7. Para que la herramienta tenga éxito se debe cambiar la cultura actual del trabajo, rompiendo paradigmas que eviten el buen desarrollo de las operaciones y el flujo óptimo del proceso, para esto se le debe comunicar al personal los compromisos y beneficios y hacer seguimiento constante de las operaciones tanto para mejorarlas como para medirlas.
8. Para la identificación de las causas que condujeron a determinar el problema de los tiempos excesivos de montaje, se utilizó la encuesta y esta fue aplicada a los operarios que participan directamente en el montaje, así como también a los supervisores que participan en el análisis del tiempo excesivo.
9. Los indicadores mostrados en el documento pertenecen a los indicadores utilizados en la empresa para la medición de sus procesos, esto permitió recopilar información real y conocer la problemática rápidamente.

11. Anexo

Anexo 1

Anexo 1: Formato de encuesta

 UNIVERSIDAD DEL SINÚ Eliás Bechara Zainúm Seccional Cartagena
ENCUESTA
NOMBRE: _____
CARGO: _____
PREGUNTA DE INVESTIGACION: ¿PORQUE SE DEMORAN LOS MONTAJES DE PRODUCCION?
MENCIONE 3 CAUSAS QUE USTED CONSIDERE QUE GENEREN LOS RETRASOS EN LOS MONTAJES
1. _____
2. _____
3. _____

Fuente: propia

Anexo 2: Encuesta realizadas para recolección de datos

 UNIVERSIDAD DEL SINÚ Eliás Bechara Zainúm Seccional Cartagena	ENCUESTA
NOMBRE: <u>Alfonso Vique</u>	
CARGO: <u>Operario</u>	
PREGUNTA DE INVESTIGACION: ¿PORQUE SE DEMORAN LOS MONTAJES DE PRODUCCION?	
MENCIONE 3 CAUSAS QUE USTED CONSIDERE QUE GENEREN LOS RETRASOS EN LOS MONTAJES	
1. <u>Falta mejor planeación</u>	
2. <u>Revisar montajes antes de realizar.</u>	
3. <u>Falta de entrenamiento a personal.</u>	

 UNIVERSIDAD DEL SINÚ Eliás Bechara Zainúm Seccional Cartagena	ENCUESTA
NOMBRE: <u>Mario A. Celis H</u>	
CARGO: <u>Supervisor</u>	
PREGUNTA DE INVESTIGACION: ¿PORQUE SE DEMORAN LOS MONTAJES DE PRODUCCION?	
MENCIONE 3 CAUSAS QUE USTED CONSIDERE QUE GENEREN LOS RETRASOS EN LOS MONTAJES	
1. <u>No usar la herramienta adecuada en el montaje</u>	
2. <u>Al momento de una falla en el montaje no se tiene manual de falla</u>	
3. <u>No todo el personal sabe los conceptos para realizar un buen montaje</u>	

UNIVERSIDAD DEL SINÚ
Elija Bechara Zeinun
Instituto Tecnológico

ENCUESTA

NOMBRE: Jonathan Altahona
CARGO: Operario de maquina

PREGUNTA DE INVESTIGACION: ¿PORQUE SE DEMORAN LOS MONTAJES DE PRODUCCION?

MENCIONE 3 CAUSAS QUE USTED CONSIDERE QUE GENEREN LOS RETRASOS EN LOS MONTAJES

1. La planificación, sin esta no se puede trabajar de forma serena.
2. El numero de personas y si estan o no capacitadas para los trabajos.
3. El montaje de visus.

UNIVERSIDAD DEL SINÚ
Elija Bechara Zeinun
Instituto Tecnológico

ENCUESTA

NOMBRE: David Jorjane
CARGO: Operario Maquinas

PREGUNTA DE INVESTIGACION: ¿PORQUE SE DEMORAN LOS MONTAJES DE PRODUCCION?

MENCIONE 3 CAUSAS QUE USTED CONSIDERE QUE GENEREN LOS RETRASOS EN LOS MONTAJES

1. Contar con el numero de personas. cuando son 4 y cuando son 2.
2. Los trabajos listos pero el montaje que viene a ser cambio de eje.
3. Capacitar mas el personal para que todo tengan conocimiento a las actividades a realizar que todo el trabajo no se recargue a una sola persona.

UNIVERSIDAD DEL SINÚ
Elija Bechara Zeinun
Instituto Tecnológico

ENCUESTA

NOMBRE: Amorós Camilo Zúñiga
CARGO: Auxiliar manufactura

PREGUNTA DE INVESTIGACION: ¿PORQUE SE DEMORAN LOS MONTAJES DE PRODUCCION?

MENCIONE 3 CAUSAS QUE USTED CONSIDERE QUE GENEREN LOS RETRASOS EN LOS MONTAJES

1. malta colocacion visos
2. malta colocacion cables
3. Activo del personal

UNIVERSIDAD DEL SINÚ
Elija Bechara Zeinun
Instituto Tecnológico

ENCUESTA

NOMBRE: David Carraced
CARGO: Sup. manufactura

PREGUNTA DE INVESTIGACION: ¿PORQUE SE DEMORAN LOS MONTAJES DE PRODUCCION?

MENCIONE 3 CAUSAS QUE USTED CONSIDERE QUE GENEREN LOS RETRASOS EN LOS MONTAJES

1. No contar con el personal suficiente para la actividad.
2. Carreteras, distracciones y aparos al momento de actividad.
3. Falta de experiencia en algunas personas o operarios.

12. Bibliografía

- Socconini, L. V. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Marge Books. <https://bibliotecavirtual.unisinu.edu.co:2844/es/lc/unisinu/titulos/117567>
- Cristan, F. R. (n.d.). *books.google*. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=NJtWepnesqAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Polímeros Fornés*. (2018, enero 5). Retrieved from <https://www.polimeros-fornes.com/que-es-el-prfv/>
- Coparm*. (n.d.). Retrieved from <http://coparm.es/maquinas-enrolladoras/#:~:text=Las%20m%C3%A1quinas%20enrolladoras%20evitan%20todos,los%20residuos%20en%20%C3%A1reas%20abiertas.>
- Economipedia*. (n.d.). Retrieved from <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>
- Guías jurídicas*. (n.d.). Retrieved from https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNTQyMjtbLUouLM_DxbIwMDS0NDQ3OQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoAs_FRpjUAAAA=WKE
- Garcia, F. L. (2019, abril). *idep*. Retrieved from <http://www.idep.edu.co/sites/default/files/PG-GTH-13-01%20Programa%20orden%20aseo%20V1.pdf>
- Deming, E. (1996). *eumed*. Retrieved from <https://www.eumed.net/libros-gratis/2011e/1084/mejoramiento.html>
- Berganzo, j. (2016, Noviembre 07). *sistemasoe*. Retrieved from <https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>
- Gehisy. (2017, abril 11). *Aprendiendo calidad*. Retrieved from <https://aprendiendocalidadyadr.com/diagrama-de-pareto/>
- Lopez, B. S. (2019, Junio 25). *Ingeniería Industrial*. Retrieved from <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el-estudio-de-tiempos/>
- Vivar, G. J. (n.d.). *academia edu*. Retrieved from https://www.academia.edu/32845710/MEDICI%C3%93N_DEL_TRABAJO_TIEMPO_NORMAL_TIEMPO_EST%C3%81NDAR_Sesi%C3%B3n_07
- Brau, S. (2017, Julio 11). *sebastianbrau*. Retrieved from <http://sebastianbrau.com/que-son-las-5s/>
- M, A. (2019, Enero 28). *Empresas infoempleo*. Retrieved from <https://empresas.infoempleo.com/hrtrends/metodo-5s-como-funciona>
- heflo*. (n.d.). Retrieved from <https://www.heflo.com/es/definiciones/mejora-continua/>
- Isotools*. (2015). Retrieved from <https://www.isotools.org/2015/05/28/la-relacion-entre-calidad-y-mejora-continua/>
- Jeison. (2018, Junio 12). Retrieved from <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>
- lean manufacturing - Pg 14*. (n.d.). Retrieved from <https://www.eoi.es/es/file/19633/download?token=VL6T1iHz>

Course Hero. (n.d.). Retrieved from
<http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1150/CalaAgu-del-LauraCristina-2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Ceupe. (n.d.). Retrieved from <https://www.ceupe.com/blog/que-es-el-smed.html>

Ati sistema . (n.d.). Retrieved from
<http://www.atisistemas.com/servicios/Montaje.html#:~:text=El%20montaje%20industrial%20es%20el,y%20limitaciones%20de%20todo%20tipo.>

supervisor de manufactura . (n.d.). *Montaje*. Cartagena.

SMED. (n.d.). Retrieved from <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21920/Capitulo3.pdf>

(n.d.). Retrieved from <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21920/Capitulo3.pdf>