

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍAS

T E S I S

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS APLICANDO
BALANCEO DE CARGAS DE TRABAJO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

SHEYLA MARÍA ALEJANDRA AGUILAR TORRES

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. JESUS DEL CARMEN PERALTA ABARCA

Cuernavaca Mor. 2022

Agradecimientos

Agradezco a Dios por la oportunidad de la vida, para aprender y disfrutar la profesión.

A la Dra. Jesús del Carmen Peralta Abarca por siempre inspirar, guiar y apoyar incondicionalmente a sus alumnos, por ser un puente y un gran ser humano.

A la UAEM por ser una gran institución, con valiosas oportunidades y profesores de calidad.

A mis padres, pareja y familiares por su apoyo de siempre.

Dedicatoria

A mi hermano.



CONTENIDO

CONTENIDO	i
Índice de Tablas.....	ii
Índice de Figuras	ii
GLOSARIO.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1 MARCO CONTEXTUAL	4
1.1 Descripción del proceso y situación actual.....	4
a) Área “Retrabajo”	4
b) Área “no conforme”	5
c) Área “Picos”	5
Planteamiento del problema.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos	7
Alcance.....	7
Justificación	7
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	11
2.1 Definición de Lean Manufacturing.....	12
Los 7 desperdicios (MUDA).....	12
2.2 Origen del Lean Manufacturing	14
2.4 Los 5 principios para implementar Lean Manufacturing.....	17
2.6 HERRAMIENTAS LEAN.....	21
VSM.....	22
5s	22
SMD	22
Kanban	22
TPM.....	22
Heijunka	23
Takt time	23

Gemba	23
Poka-Yoke.....	23
KPI	23
CAPÍTULO 3 PROPUESTA DE MEJORA.....	24
3.1.- Situación actual: Fase Value Stream Mapping (Flujo de Valor / Mapeo del proceso).....	25
3.1.1 Mapeo de área “Picos” (situación actual)	26
3.1.2 Mapeo de área “no conforme” (situación actual).....	31
3.2.- Situación “debe”: Fase Flow (Flujo).....	38
3.3- Implementación, Fase Pull.....	46
CAPÍTULO 4 RESULTADOS	70
CONCLUSIONES.....	75
Referencias Bibliográficas	76
ANEXOS.....	77
1.- Ayudas visuales.....	77
2.- Kaizen de mejora continua.....	80

Índice de Tablas

Tabla 1 Recursos asignados a las áreas soporte del segmento Chassis and Safety	6
--	---

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa Estratégico (Business Case) de la división Chassis and Safety	8
Figura 2 Roadmap de la empresa.....	9
Figura 3 Pronóstico financiero (Forecast Financiero).....	10
Figura 4 Perspectiva histórica de Lean Manufacturing.	16
Figura 5 Esquema de las herramientas de Manufactura Esbelta.	18
Figura 6 “Casa del Sistema de Producción Toyota”	20
Figura 7 “Diagrama de Gantt”	25
Figura 8 Análisis de carga de trabajo /porcentaje de ocupación de los operadores en el área de Picos.....	26
Figura 9 Diagrama de pastel con porcentajes de actividades derivado del análisis de actividades en Picos.....	26
Figura 10 Mapeo del proceso de “Material en la recepción” en el área de picos	27
Figura 11, Se muestra el mapeo del proceso de “Recepción de material en cuarentena” en el área de picos	28

Figura 12 Se muestra el mapeo del proceso de “Entrega de material de picos a producción	29
Figura 13 Gráfica de tendencia de inventario de picos en el año 2013	30
Figura 14 . Layout de área Picos, carga de trabajo promedio de los trabajadores, y áreas de oportunidad.....	31
Figura 15 , análisis de carga de trabajo y porcentaje de ocupación de los operadores en el área de “no conforme”	32
Figura 16 Diagrama de pastel con porcentajes de actividades.....	32
Figura 17 Mapeo del proceso de “no conforme” e identificación de las actividades que agregan valor y las que no agregan valor.....	33
Figura 18 se muestra el Layout del área de “no conforme”	34
Figura 19 Análisis de carga de trabajo /porcentaje de ocupación de los operadores en el área de retrabajo	35
Figura 20 Layout del área de retrabajo y resultado del análisis de cargas de trabajo	36
Figura 21 mapeo del proceso de retrabajo	36
Figura 22 Distribución de las estaciones de trabajo en el área de retrabajo	37
Figura 23 Inventario de mesas de trabajo en el área de retrabajo	38
Figura 24 Diagrama de pastel con porcentajes de actividades del área de Retrabajo	38
Figura 25 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de recepción de piezas “Picos “ ..	40
Figura 26 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de reingreso de piezas que están como Picos a las líneas de producción.....	41
Figura 27 Diagrama de flujo para el proceso de cuarentena, en interacción con el software, con el área de Picos y Producción	42
Figura 28 Diagrama de flujo para el proceso de “no conforme” de proveedor en interacción con el software, producción, departamento de manejo de “no conforme” y departamento de Calidad – SQMs	43
Figura 29 Diagrama de flujo para el proceso de “no conforme” de proceso en interacción con el software, producción y el departamento de manejo de “no conforme”.	43
Figura 30 Diagrama de flujo para el proceso de Retrabajo de una pieza que requiere salir del proceso productivo y requiere un retrabajo.	44
Figura 31, Diagrama de flujo para el proceso de Retrabajo de una pieza ya retrabajada lista para continuar su proceso.	45
Figura 32, Layout de la planta.....	46
Figura 33, Estación de captura para usuarios de producción y RSP.....	47
Figura 34, Análisis de carga de trabajo de supervisores de producción.	48
Figura 35 , Análisis de carga de trabajo de jefe de línea de producción.	49
Figura 36 Optimización de espacios en área de retrabajo, utilizando la herramienta 5´s..	50
Figura 37 Análisis de cargas de trabajo.....	51
Figura 38 Optimización de 67.05 m2 en área de RSP. Antes y después.....	52
Figura 39, porcentaje de cargas de trabajo para cada área y Layout para área RSP.	53
Figura 40, estado futuro para área RSP.	54
Figura 41, Cotización para desarrollo de un módulo para el Software RSP.....	55
Figura 42, Pantallas de inicio de sesión en RSP software.....	56
Figura 43, acceso al software RSP, en la intranet Cuautla Web.	57

Figura 44, guía de ayuda para ingresar a software RSP.	58
Figura 45, guía de ayuda para capturar y rastrear piezas en software RSP.	58
Figura 46, vista de software RSP en las pantallas de registro para Picos y para Scrap....	59
Figura 47, vista para generar reportes y gráficos con datos del sistema RSP.	60
Figura 48, Alerta visuales del sistema ANDON para notificar al personal de producción sobre material de Picos para ingresar al proceso productivo.	61
Figura 49, alertas vía e-mail para notificar el material que está a punto de caducar.	62
Figura 50, gráfica de tendencia de inventario piezas Picos semanalmente durante el año.	63
Figura 51, programa de capacitación de Software RSP para personal de la planta.	64
Figura 52 Sesiones de capacitación al personal de la planta con el sistema RSP.	64
Figura 53 cuarto construido donde se centralizan los procesos Retrabajo, “no conforme” y Picos.	65
Figura 54 Estaciones de trabajo después de la implementación 5´s y optimizaciones.....	66
Figura 55 plan de implementación de mejoras generado como parte del proyecto RSP. .	67
Figura 56 Listado de Kaizen generados por el proyecto RSP.	68
Figura 57, Ayuda visual para el ingreso de material rezagado a área RSP.	69
Figura 58, Ayuda visual para el registro de “no conforme” Scrap al área RSP.	69
Figura 59 Antes y después de las optimizaciones e implementaciones referentes a espacio en metros cuadrados.	70
Figura 60 Antes y después del balanceo de cargas de trabajo.	71
Figura 61 Gráfico con tendencia semanal de inventario, WIP	72
Figura 62 Comparativa de objetivos específicos, antes y después de las mejoras implementadas.	72
Figura 63 Reporte A3 del proyecto implementado.	73
Figura 64 Reporte de Validación financiera.	74

GLOSARIO

ABS: El ABS (del alemán Antilockersystem, sistema de antibloqueo) es un Sistema antibloqueo, un dispositivo utilizado en vehículos, para evitar que los neumáticos pierdan la adherencia con el suelo durante un proceso de frenado.

EBS: (ingl. Electronic Braking System); Sistema de frenado electrónico.

Empleado directo: es un empleado cuyo trabajo tiene relación directa 100% con la manufactura del producto final.

Empleado indirecto: es un empleado cuyas funciones están enfocadas como áreas de soporte, por ejemplo, Recursos Humanos, Laboratorios, Logística, Mantenimiento, Ingeniería industrial, Calidad, Finanzas, etc.

FF C&S: Focus Factory Chassis and Safety

Kitting room: Cuarto en donde dan el servicio del *kitting* que es el acto de tomar las partes individuales de un producto, compilarlas en un “kit” o paquete, y entregar ese kit a la operación de producción para su ensamblaje.

Tooling room: Cuarto asignado para almacenar y administrar las herramientas y herramientas que se utilizan en la producción.

Área de soporte: área que tiene como función dar soporte a la producción. Su proceso no es directamente productivo.

Tier 1: Se le conoce como TIER 1 a los proveedores directos de las OEM y son estrictamente vigilados en materia de la calidad, tiempo y costos de todos sus componentes y partes de subensambles.

Tier 2: TIER 2, son las compañías que surten de componentes a las TIER 1

WIP: Work in process que se refiere al inventario en producción

“No conforme”: es una palabra inglesa que se traduce como chatarra o residuo, el cual se discrimina del proceso de producción por no cumplir las especificaciones de calidad, también llamada Scrap.

Semi: Materia prima

Sub-ensamble: materia prima ya ensamblada con otros componentes, procesada o que sufrió algún proceso productivo.

Primer turno: Horario de trabajo de 07:00 hrs. a 15:00 hrs.

Segundo turno: Horario de trabajo de 15:00 hrs. a 23:00 hrs.

Tercer turno: Horario de trabajo de 23:00 hrs. a 07:00 hrs.

Turno de oficina: Horario de trabajo de 08:30 hrs. a 17:30 hrs.

VSM (Value Stream Mapping): El Mapa del flujo de valor es una herramienta utilizada en Manufactura Esbelta para analizar los flujos de materiales e información.

KPI: Key Performance Indicator (Indicador Clave de Comportamiento). Métricas que permiten el seguimiento de los progresos de la mejora continua en las empresas.

Comité Directivo: es el órgano ejecutivo y de toma de decisiones son generalmente personas del más alto nivel de dirección de una organización.

Roadmap: El **roadmap** (mapa de ruta) es el término que se utiliza para definir el documento en el que se detalla la planificación en el desarrollo de un **proyecto**. ... El cual contiene los objetivos, grandes o pequeños, y sus fechas de consecución.

PDCA: El ciclo PDCA es un acrónimo de cada uno de los pasos que comprende, por sus iniciales en inglés así: P (Plan), D (Do), C (Check), A (Action). En español, Planear, Hacer, Comprobar y Actuar (Ciclo PHVA). El ciclo PDCA o Ciclo de Deming es una metodología de gestión que tiene como objetivo la mejora constante de los procesos.

SQM: Supplier Quality Management, Administración de la calidad de proveedores.

Área RSP: Departamento responsable de administrar y almacenar las piezas de los procesos de Retrabajo, “no conforme” y Picos, de acuerdo con los nuevos procesos establecidos en este proyecto.

Intranet: Red informática interna de una empresa u organismo, basada en los estándares de Internet, en la que las computadoras están conectadas a uno o varios servidores web.

MES: Sistema interno de trazabilidad para todos los productos.

Planeador de producto: Responsable de la planeación de producto terminado, que será entregado a cliente de acuerdo su demanda. Como función principal tiene la administración de la demanda de cliente, procesar requerimientos, analiza y transforma en órdenes de producción para cumplir con el plan de entregas a sus clientes.

Sistema ANDON: Es un sistema utilizado para alertar de forma visual de problemas en un proceso de producción.

Kaizen: Kaizen es la palabra japonesa que designa al concepto de mejora comprendida como una acción en curso. Se traduce habitualmente como mejora continua, aplicado a los métodos de gestión de procesos. Como filosofía, forma parte de la metodología Lean. Implica la realización, por parte de todos los empleados implicados en un proceso, de acciones que suponen muy escaso esfuerzo, simples y sin costes adicionales, que contribuyen a mejorar las condiciones de trabajo y la calidad del producto o servicio.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, es un estudio en cual se aplicó la metodología y algunas herramientas de Manufactura Esbelta, para eliminar las actividades que generan “desperdicios” en los procesos de tres áreas de soporte para áreas productivas, con el objetivo de optimizar recursos en una planta de producción de autopartes electrónicas automotrices del Estado de Morelos.

Se detectó que las áreas de soporte presentan procesos con gran oportunidad de mejora, para eliminar “desperdicios” en los procesos de Picos, Retrabajo y material No conforme (Scrap), los cuales cuentan con un número elevado de operadores asignados que no cubren el servicio a las líneas de producción durante los tres turnos, que ha llevado a generar más inventario del necesario, y en general “desperdicios”.

El proyecto planteado para esta investigación de tesis es relevante para la compañía ya que impacta directamente a los objetivos del mapa estratégico, además de permear la filosofía de la Mejora Continua y el uso de algunas herramientas de Manufactura Esbelta logrando así procesos exitosos y sustentables, contribuyendo con productos rentables y competitivos.

Debido al incremento de la demanda y a la llegada de nuevas líneas de producción en la planta, se planteó la implementación de este proyecto el cual tuvo como objetivo utilizar algunas herramientas de Manufactura Esbelta, analizando los procesos de las tres áreas mencionadas (Picos, Retrabajo, No conforme), para balancear cargas de trabajo logrando la optimización de recursos, mano de obra, espacio en metros cuadrados y reducir el inventario de “piezas en proceso” (WIP por sus siglas en inglés Work In Process).

Este trabajo de tesis consta de cuatro capítulos:

En el capítulo I se presenta el marco contextual, a través de la definición del proyecto, se mostrará una introducción de la fábrica, también se aborda descripción general del proceso y la situación actual, lo cual es importante para conocer donde estamos parados y conocer de manera general el problema. Se hace el planteamiento específico del problema, los objetivos generales y objetivos específicos.

El capítulo II se trabaja el marco teórico, es decir, abordaremos la teoría de las metodologías, a utilizar en el desarrollo del proyecto, así como las herramientas disponibles para utilizar en el proyecto.

Se abordan los antecedentes, las definiciones de Lean Manufacturing, los 7 tipos de desperdicios, el Origen de Lean Manufacturing, principios, estructura y herramientas disponibles y su aplicación, así como la casa de Lean Manufacturing.

La metodología de solución se presenta en el capítulo III, en este capítulo se aborda la metodología y propuestas a implementar para lograr los objetivos planteados en el proyecto, utilizando las herramientas de Lean Manufacturing disponibles.

Se inicia con un mapeo de la situación actual y a partir de eso, se plantea el estado a futuro deseado, así como la definición detallada de los nuevos procesos, creación de nuevas rutas, layouts, implementación de 5's, simulaciones en papel (Paper simulation), estandarización de actividades, balanceo de cargas, alertas ANDON, y para hacer las mejoras sostenibles se desarrollan los cambios en los nuevos procesos estándares de trabajo o las llamadas hojas de trabajo estándar, y con ello se estandariza el trabajo a través de capacitaciones a todos los involucrados.

Finalmente, en el capítulo IV se presentan los resultados y las experiencias adquiridas en el desarrollo de este trabajo. Se evalúan las mejoras implementadas y se demuestran los resultados y alcances del proyecto. Se demuestra que los resultados son sostenibles en el paso del tiempo y que cumplen con los objetivos

planteados en la tesis. Se incluyen las evidencias de los resultados obtenidos, así como las evaluaciones financieras liberadas por la compañía, demostrando que ha sido un proyecto exitoso.

CAPÍTULO 1 MARCO CONTEXTUAL

El presente trabajo de optimización de recursos se desarrolla aplicando el balanceo de cargas de trabajo y se realizó en la empresa que tiene como giro la industria automotriz, en específico la manufactura de componentes electrónicos como: módulos de control de chasis, módulos de control de transmisión, módulos de control ABS/EBS, entre otros productos y sus principales clientes son de México, Estados Unidos, y Canadá.

La Fábrica se encuentra ubicada en el Estado de Morelos. Es una fábrica que cuenta con una plantilla de aproximadamente dos mil trabajadores. Esta fábrica está dividida en dos segmentos Chassis and Safety (Tier 2) y Powertrain (Tier 1).

El presente caso de estudio está enfocado en el segmento Chassis and Safety.

Este segmento cuenta con 7 líneas de producción exclusivas para módulos de control ABS / EBS, además de las áreas de soporte como Kitting room para componentes electrónicos, un área de despacho para componentes mecánicos, tooling room, área de picos, área de retrabajos, área de material en cuarentena, área de “no conforme”, análisis de fallas, y laboratorio de calibración.

1.1 Descripción del proceso y situación actual

El enfoque en este caso de estudio se realizó en tres áreas de soporte, se presenta la forma de trabajar antes de iniciar el estudio:

a) *Área “Retrabajo”*

Tiene como objetivo reparar cualquier defecto menor de calidad en la materia prima o en el sub ensamble, siempre y cuando este no afecte la calidad ni funcionamiento del producto.

De acuerdo con la bitácora de registros de entrada y salida de material al área, el porcentaje de material retrabajado y liberado por semana es un 41%, lo cual representa un riesgo alto de que el material se convierta en merma, debido al exceso del tiempo que espera para ser retrabajado y a la vez esto puede convertirse en “no conforme”.

Para esta área hay 7 trabajadores asignados los cuales se rolan para cubrir los 3 turnos de trabajo, y el espacio ocupado en esta área es de 60 m².

b) Área “no conforme”

El personal registra y dispone el “desperdicio” que se produce durante el proceso de manufactura. Es muy relevante tener la información del material que se declara como “no conforme” para dar de baja en los inventarios, además de generar estadística para atacar causas raíz y desarrollar proyectos para reducir el producto “no conforme”. Para esta área hay 2 trabajadores asignados, uno para el primer turno y el otro para el segundo turno, por lo cual el tercer turno se queda desatendido, con este horario de trabajo se ha detectado material sin registro abandonado en el área de “no conforme”, generando como problema material sin identificación para ser dado de baja afectando los controles de inventarios y disminuyendo las posibilidades de analizar causas raíz para atacar problemas de calidad, etc. El área ocupada para este sub-proceso es de 16.37 m².

c) Área “Picos”

En esta área son responsables de registrar, controlar y administrar el “semi” o sub ensamble que por algún motivo tuvo que salir de su proceso productivo y este se queda almacenado hasta que vuelva a ejecutar el plan de producción al cual pertenece para continuar su proceso, también se registra el material sospechoso de fallas o falta de calidad, que deberá ser resguardado en cuarentena, mientras se analizan.

Para esta área solo hay asignado 1 trabajador el cual cubre el horario de oficina (de 8:30 hrs. a 17:30 hrs.), por lo tanto, no hay quien dé seguimiento a estas piezas fuera del horario mencionado, es decir dos tercios del tiempo de producción están desatendidos, como una de las consecuencias es la afectación al nivel de inventario WIP en promedio semanal es de 1,011 piezas. También trayendo como consecuencia el riesgo de que se convierta en material rezagado, caducado o bien por exceso de manejo de material termine declarándose como “no conforme”. El espacio ocupado por esta área de soporte es de 15.18 m².

Actualmente los recursos de personal y los metros cuadrados utilizados por las tres áreas de estudio se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1 Recursos asignados a las áreas soporte del segmento Chassis and Safety

Área	Personal asignado	Total de turnos cubiertos	Metros cuadrados utilizados
Re- trabajo	7	3	60 m ²
Scrap	2	2	16.37 m ²
Picos	1	1	15.18 m ²

Planteamiento del problema

Debido al incremento en la demanda y la necesidad de instalación de nuevas líneas de producción para nuevos productos de Control Electrónico para Suspensión (CAirS, por sus siglas en inglés) se requiere optimizar los recursos mano de obra y área de trabajo, además de reducir el Inventario de Trabajo en Proceso (WIP: Work in process por sus siglas en inglés), para eliminar los desperdicios en los procesos.

Objetivo General

Reducir el espacio del área de trabajo utilizado por las tres áreas mencionadas (“material no conforme”, Picos y Retrabajo) (m²) en al menos un 3%, optimizando mano de obra de las áreas, reducción del inventario WIP en un 20%, cubriendo los tres turnos de trabajo para la producción.

Objetivos Específicos

1. Mapear los procesos de las tres áreas mencionadas utilizando la herramienta Análisis de la Cadena de Valor (Value Stream Mapping VSM por sus siglas en inglés) con el objetivo de analizar los procesos, actividades y flujos de material e información para determinar los procesos que requieren ser optimizados.
2. Balancear las cargas de trabajo en las tres áreas, para obtener un porcentaje de ocupación en un rango de entre 75% y 80%.
3. Analizar a través de un diagrama de espagueti los traslados del personal y material de las tres áreas con el objetivo de re diseñar las estaciones de trabajo y layout, a través de la herramienta “Simulación en cartón”.

Alcance

El presente caso de estudio está enfocado en Continental Automotive Mexicana S.A. de C.V., planta Cuautla, segmento Chassis and Safety. El cual se enfocará en aplicar la metodología Lean Manufacturing.

El alcance del proyecto está enfocado en las áreas de “material no conforme”, Retrabajo y Picos, el cual no debe afectar la calidad del producto.

Justificación

Este proyecto es relevante ya que tiene impacto directo en los objetivos del Mapa estratégico (Business Case) de la división Chassis and Safety, tales como:

- ❖ Incrementar la rentabilidad de los productos.
- ❖ Administrar eficientemente los costos de operación.
- ❖ Evitar el desperdicio de los procesos.

Se muestran los objetivos específicos de la compañía para lograr la estrategia alineada al grupo. Los objetivos enmarcados en verde son los que tendrán impacto directo derivado de este proyecto.

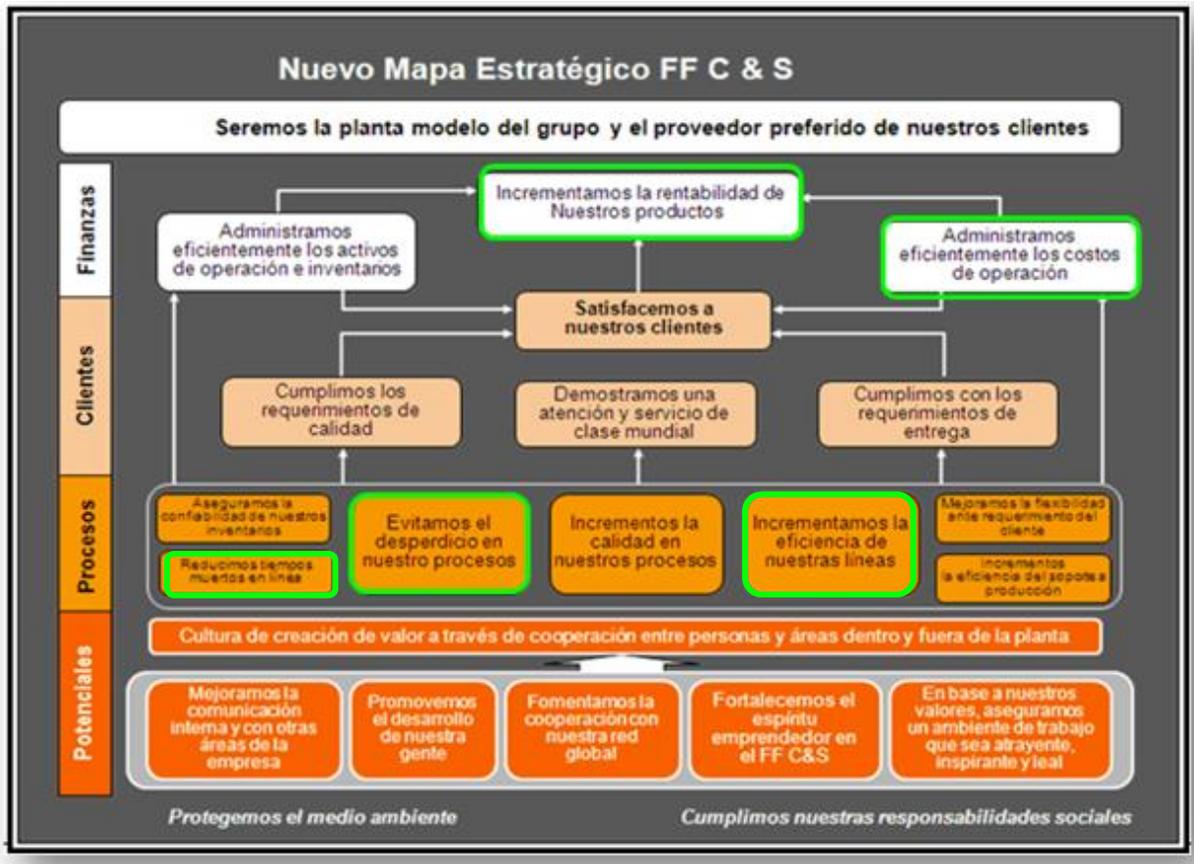


Figura 1 Mapa Estratégico (Business Case) de la división Chassis and Safety

Para la unidad de negocio, así como para el Comité Directivo es importante alinear los proyectos y esfuerzos al roadmap para así dar cumplimiento al objetivo general definido, por lo que también se evaluó que el impacto sea positivo para el Roadmap definido. Este proyecto impacta directamente al KPI “Costos Variables”, como se muestra a continuación en la tabla Roadmap de la planta, el cual muestra las estrategias detalladas para alcanzar el objetivo común de la empresa y sus fechas de ejecución. Enmarcado en verde se muestra el impacto específico que tendrá la implementación del proyecto.

Por otra parte, también impacta directamente en la visión, en el rubro “Nuestro sistema de capacitación” ya que con la implementación de proceso con metodología Lean, se continúa desarrollando habilidades en los colaboradores, como se muestra en la Figura 2.

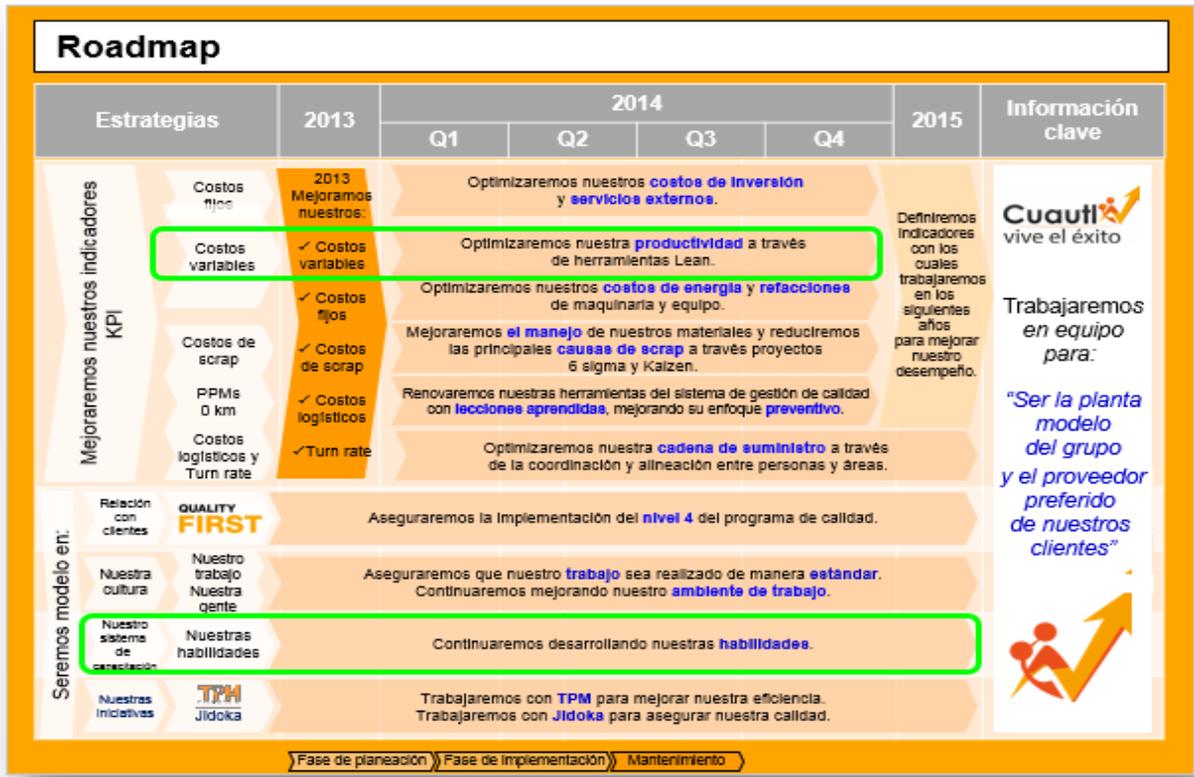


Figura 2 Roadmap de la empresa

En el Focus Factory Chassis and Safety hay una lista de proyectos definidos para impactar en el Roadmap, por lo que para la toma de decisión antes de aprobar el inicio del proyecto y gestionar los recursos, es necesario evaluar el impacto financiero que este tendrá en la empresa.

Antes de la implementación del proyecto el departamento de Finanzas realiza el análisis financiero (Forecast Financiero), es importante en esta etapa tener ya definido el problema específico, objetivos y alcance del proyecto, es requerimiento para la toma de decisión y para la aprobación del proyecto.

En este cálculo se tomaron en cuenta los objetivos definidos, optimización de recursos (LDC Labor Dependent Cost) mano de obra el cual es un costo variable, y el costo del m² del área en producción propuesta para optimizar, este es un costo fijo. El formato se muestra en la Figura 3. El documento está diseñado en el idioma inglés porque se presenta a nivel corporativo.

Project Data				
Project Name	Optimizing resources at areas that not add value to ECU (rework, scrap and backward material) at FF VED (Cuautla Plant)			
Project Team	Alejandra Aguilar, Francisco Anzures, David Pérez			
Area:	VED	Line:	All	Station: Scrap / Rework / backward
Impromevent date:	jul-14			
ANUAL SAVINGS FORECAST				
Concept	F / V	Amount in MXN		Amount in EUR
LDC	Var	\$	375,252.77	\$23,453.30
PEPR	Fix	\$	255,697.67	\$15,981.10
Annual Forecasted Saving		\$	630,950	\$39,434
ACTUAL SAVINGS				
Report Period	Forecast Saving			
Start	jul-14			
End	jun-15			

Figura 3 Pronóstico financiero (Forecast Financiero)

Al finalizar el proyecto también requiere liberación financiera por parte del departamento de Finanzas con dicho análisis se comprueba y se libera el impacto financiero del proyecto. Una vez concluido el proyecto, implementadas las mejoras, se realizar el cálculo específico para corroborar la relación costo/beneficio.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

Actualmente las empresas industriales se enfrentan al reto de buscar e implementar nuevas técnicas organizativas y de producción que les permitan competir en un mercado global. El modelo de fabricación esbelta, conocido como Lean Manufacturing, constituye una alternativa consolidada, la cual para la fábrica es una filosofía pilar en su estrategia.

El presente estudio está basado en la metodología de Lean Manufacturing la cual consta de cuatro etapas.

- Fase de diagnóstico.
- Fase de determinación del estado futuro.
- Fase de implantación.
- Mejora Continua.

Manufactura Esbelta es una filosofía con muchas dimensiones que incide principalmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de algunas de las diferentes técnicas y/o herramientas que la conforman. Para aplicar Lean, no es necesario aplicar todas y cada una de sus herramientas, más bien deberá evaluarse según lo que se requiere mejorar o eliminar.

Lean busca un cambio cultural en la organización empresarial y se requiere un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo. Además, Lean es muy amplio ya que abarca toda la cadena de valor, desde la materia prima, hasta el producto terminado, y puede ser implementando tanto en procesos de producción como en procesos de “servicios” (Hernández, 2013).

2.1 Definición de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing, es una filosofía que se centra en la mejora continua y optimización de sistemas productivos o “servicios” mediante la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan ningún tipo de valor al proceso.

Dado que Lean es una filosofía basada en la eliminación de desperdicios en procesos y /o actividades, entonces es importante conocer el principio de las 7 mudas o desperdicios (Menéndez,2022).

Los 7 desperdicios (MUDA)

1. **Sobreproducción**, producir más de lo demandado o producir algo antes de que sea necesario. Es bastante frecuente la falsa creencia de que es preferible producir grandes lotes para minimizar los costos de producción y almacenarlos en stock hasta que el mercado los demande. No obstante, esta mala práctica es un claro desperdicio, ya que utilizamos recursos de mano de obra, materias primas y más allá de costos de almacenamiento (espacio físico, tareas de manipulación, controles y seguros), están los costos financieros debido al dinero con escasa rotación acumulada en altos niveles de sobreproducción almacenados.
2. **Transporte**, cualquier movimiento innecesario de productos y materias primas, es el desperdicio vinculado a los excesos en el transporte interno, directamente relacionados con los errores en la ubicación de máquinas y las relaciones sistémicas entre los diversos sectores productivos, manejo innecesario, retrasos en el manejo. El transporte cuesta dinero, equipos, combustible y mano de obra.
3. **Espera**, la espera es el tiempo que se pierde en los diferentes procesos que se realiza, es el tiempo en el que no se añade valor al producto. Esto incluye esperas de material, información, máquinas, herramientas, retrasos en el proceso de lote, averías, cuellos de botella, tiempos de ocio. La espera es motivada por un mal balanceo de actividades y principalmente por una mala administración de tiempos. Esto impacta en menores o bajos niveles de

productividad, lo cual conduce a costos adicionales, como turnos laborales extras, compras de más equipos para procesar o producir, contratación de más personal, etc.

4. **Movimiento**, todo movimiento innecesario del trabajador que no añada valor al producto es un desperdicio. Incluye a personas en la empresa subiendo y bajando por documentos, buscando, escogiendo, agachándose, etc. Incluso caminar innecesariamente es un desperdicio, debido a una falta de planificación ergonómica. Estos desperdicios producen aumento del cansancio del trabajador, así como una disminución del tiempo dedicado a realizar lo que realmente aporta valor.
5. **Sobre procesos**, hacer un trabajo extra sobre un producto es un desperdicio, y es uno de los desperdicios más difíciles de detectar, ya que muchas veces el responsable del sobre proceso no sabe que lo está haciendo. Por ejemplo: limpiar dos veces, o simplemente, hacer un informe que nadie va a consultar.
6. **Exceso de inventario**, se refiere al stock acumulado por el sistema de producción y su movimiento dentro de la planta, que afecta tanto a los materiales, como piezas en proceso, como producto acabado. Este exceso de materia prima, trabajo en curso o producto terminado no agrega ningún valor al cliente, pero muchas empresas utilizan el inventario para minimizar el impacto de las ineficiencias en sus procesos. El inventario que sobrepase lo necesario para cubrir las necesidades del cliente tiene un impacto negativo en la economía de la empresa y ocupa espacio valioso. Generalmente un stock es una fuente de pérdidas por productos que se convierten en obsoletos, con altas posibilidades de sufrir daños, tiempo invertido en recuento y control del material, así como errores de calidad escondidos durante más tiempo.
7. **Defectos**, Los defectos son todo aquello que resulta una desviación en el proceso, falla de calidad en el producto según especificación del cliente, y producen un desperdicio enorme, ya que consumimos materiales, mano de

obra para reprocesar y/o atender las quejas, y sobre todo pueden provocar insatisfacción en el cliente (Hernández & VizánIldoipe, 2022).

También se ha considerado el Desaprovechamiento del Talento Humano como un desperdicio denominado MURI y se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios sobrecargándolos de trabajo (Neira, 2022).

Como resumen podemos afirmar que hay que ser consciente de que todos estos desperdicios no aportan valor al producto o servicio que paga el cliente, por lo que representan un costo extra para la empresa.

La reducción o eliminación de desperdicios llevará a una mejora de costos y por tanto a ser más competitivos, dando una mayor flexibilidad y eficacia en nuestro proceso productivo.

2.2 Origen del Lean Manufacturing

A finales del siglo XIX surgió el primer pensamiento Manufactura Esbelta en Japón por parte de Sakichi Toyoda, el fundador del Grupo Toyota.

El Sr. Toyoda creó un dispositivo que detectaba problemas en los telares y alertaba a los trabajadores con una señal cuando se rompía un hilo. La máquina de Sakichi Toyoda no solo automatizó un trabajo anteriormente manual, sino que añadió un elemento de capacidad de detección de error en la máquina, "Jidoka", una máquina con un toque humano. La producción paraba cuando un elemento era defecto, y evitaban producción de errores. Esta medida permitió que un único operario pudiera controlar varias máquinas, incrementando la productividad.

Kiichiro Toyoda desarrolló esta filosofía, y apostó por crear una "situación ideal de creación, donde máquinas, instalaciones y personas trabajan juntos para añadir valor, sin generar desperdicios". Creó metodologías y técnicas para eliminar los desperdicios entre operaciones, tanto líneas y procesos. El resultado fue el método Just inTime (JIT) (Hernández Matías, 2022).

Fue Eiji Toyoda quien aumentó la productividad de los trabajadores, añadiendo valor al sistema JIT, y estableció el Toyota Production System (TPS). El modelo se basaba en producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita, esto se complementó con la reducción de los tiempos de cambio de herramientas, a través del sistema SMED y con diferentes técnicas que enriquecieron el sistema Toyota. Taiichi Ohno, apoyado por Eiji Toyoda, ayudó a establecer el TPS, y crear las bases del espíritu de Toyota para “crear las cosas”, o el Modelo Toyota.

Tras la crisis del petróleo de 1973 Toyota destacó por su sistema JIT o TPS mientras que muchas empresas japonesas incurrían en pérdidas. Entonces, el gobierno japonés fomentó la extensión del modelo de Toyota a otras empresas y la industria japonesa empezó a desarrollar su ventaja competitiva. No fue hasta principios de los 90 cuando el modelo japonés llegó al occidente de la mano de una publicación de Womack, Jones y Roos titulada «La máquina que cambió el mundo». Allí se explicaban las características de un nuevo sistema de producción que combinaba eficiencia, flexibilidad y calidad y se utilizaba por primera vez el concepto de Lean Manufacturing.

Hoy en día el Sistema de Manufactura Esbelta de Toyota se aplica en su totalidad o en variantes a todo tipo de empresas. La Metodología Lean ha ido evolucionando a nuevas aplicaciones específicas como el Lean Health, el Lean Construction y el Lean Office. El punto en común entre todos es la actuación conjunta de directivos, mandos intermedios y operarios, instaurando unos principios de calidad para optimizar el trabajo, mejorar los resultados y aplicar para siempre la Mejora Continua en todas las áreas empresariales (*Hernández Matías, 2020*).

En la Figura 4 se muestra una perspectiva histórica de Lean Manufacturing, y como tiene los principios del TPS, el cual ya había declarado la solución de problemas, justo a tiempo (JIT), la eliminación de desperdicios en los procesos, la flexibilidad, etc. La figura muestra en una línea del tiempo cómo ha evolucionado los sistemas de producción, y muestra el inicio de Lean en el año 1993, tiene como base la experiencia del Sistema de Producción Toyota (TPS), justo a tiempo (JIT). Lean es la eliminación del desperdicio y la creación eficiente del valor de la empresa.

(BMGI, 2014) Problem Solved “Programa de certificación internacional en Lean y Sixs Sigma, módulo Definir.

1885	1913	1955 - 1990	1993
Producción artesanal	Producción en masa	Sistema de Producción Toyota	Empresa Lean
Hacer cada artículo único Personalización Mano de obra experimentada	Partes intercambiables Movimiento de las líneas de producción División del trabajo (trabajador, calidad, administración,	Trabajadores como solucionadores de problemas Trabajadores con "Empowerment" Entrenamiento Calidad flujo arriba Inventario mínimo Justo a tiempo Eliminación del desperdicio Sensible al cambio	Lean aplicado a todas las funciones en el flujo de valor. Lean es aplicado a empresas transaccionales.
Índice de producción bajo Costo alto	Índice de producción alto Costo bajo Problemas de calidad persistentes Modelo inflexible	Costo bajo Mejora de la productividad Productos y servicios de la productividad	Costo bajo Productividad mejorada Productos y servicios de alta calidad Valos alto para los Stakeholders

Figura 4 Perspectiva histórica de Lean Manufacturing.

Fuente (BMGI, 2014)

Así como la aplicación combinada del método, las técnicas y las herramientas correctas en cada etapa del proyecto son importantes, también la implementación de los principios fundamentales de Lean en el orden definido es de suma importancia.

Los Principios: son las grandes premisas, la filosofía sobre la que se basa todo el modelo.

La metodología de trabajo: es el método, la sistemática que se va a seguir para implantar los principios anteriores.

Las herramientas: son las que nos ayudarán a conseguir el objetivo final que persigue el sistema de mejora (Giralt, 2018).

2.4 Los 5 principios para implementar Lean Manufacturing

El libro “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*”, que fue publicado en 1996, expone cinco principios, que ahora son utilizados como la base para la implementación del Lean:

I. Definir el valor

Se debe definir claramente el valor del producto desde la perspectiva del cliente.

II. Mapa de Flujo de Valor (VSM / Value Stream Mapping)

Hacer Mapa de Flujo de Valor, del flujo del proceso y el flujo de la información, identificar la cadena de valor.

III. Flujo Continuo

Busca un flujo continuo en el proceso, tener internamente todo listo para cuando se necesita para una sinfonía de servicio o producción.

IV. Jalar (Pull)

Proveer sólo cuando se necesita de acuerdo con la demanda.

V. Perfeccionar

Nunca dejar de perseguir la mejora continua.

(Womack, 1996).

La Figura 5 Muestra un esquema de las herramientas de Manufactura Esbelta de acuerdo con etapas de implementación de proyectos en la empresa.

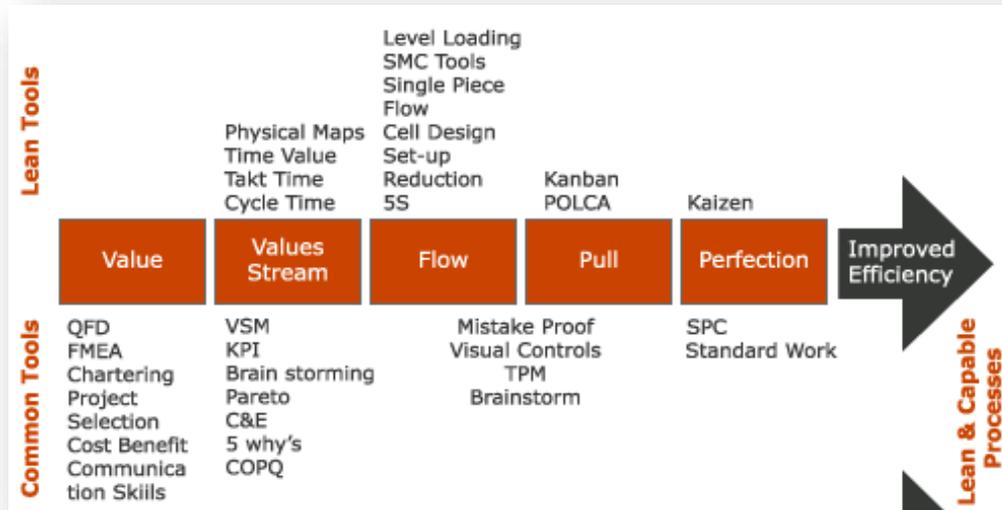


Figura 5 Esquema de las herramientas de Manufactura Esbelta.

Fuente: (Ortiz, 2019).

Los principios más frecuentes asociados al sistema, desde el punto de vista del “factor humano” y de la manera de trabajar y pensar, son:

- ✓ Trabajar en la planta y comprobar las cosas en sitio.
- ✓ Promover la cultura de “paro de línea” por defectos de calidad.
- ✓ Crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua.
- ✓ Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- ✓ Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- ✓ Promover equipos multidisciplinarios.
- ✓ Descentralizar la toma de decisiones.
- ✓ Integrar funciones y sistemas de información.

A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar:

- ✓ Crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie.
- ✓ Utilizar sistemas “Pull” para evitar la sobreproducción.
- ✓ Nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción.
- ✓ Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.

- ✓ Utilizar el control visual para la detección de problemas.
- ✓ Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT.
- ✓ Reducir los ciclos de fabricación y diseño.
- ✓ Conseguir la eliminación de defectos.

(Hernández, 2013).

2.5 Estructura y herramientas del sistema Lean Manufacturing

Lean es una filosofía con muchas dimensiones que incide especialmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de las técnicas / herramientas.

De forma tradicional se ha recurrido al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota”, la cual se muestra en la Figura 6. Para visualizar rápidamente la filosofía que encierra Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema (Villamarín, 2022).

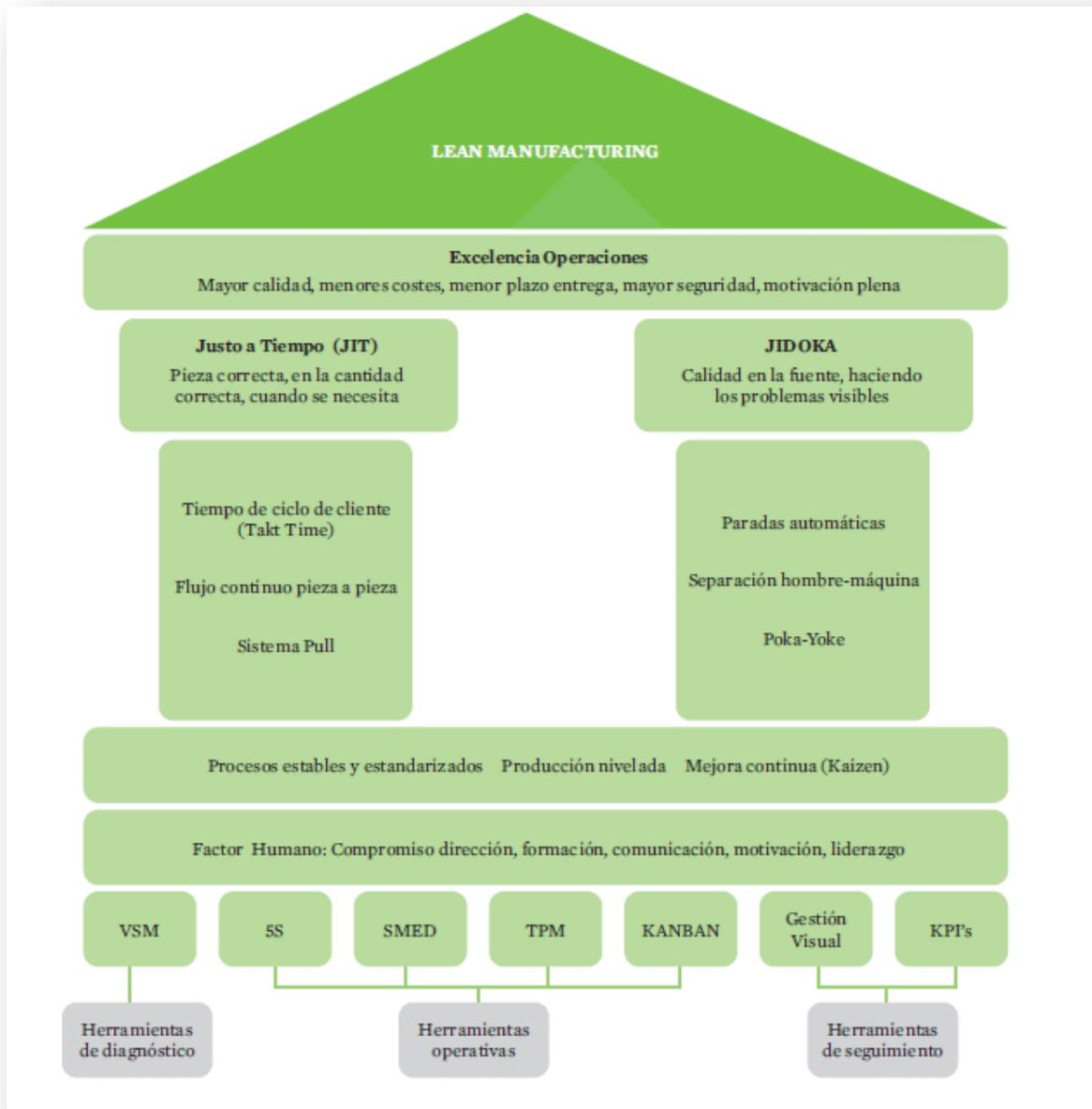


Figura 6 "Casa del Sistema de Producción Toyota"

Fuente: (Villamarín, 2022)

El techo de la casa está constituido por las metas perseguidas que se identifican con la mejor calidad, el más bajo costo, el menor tiempo de entrega o tiempo de maduración (Lead-time). Sujetando este techo se encuentran las dos columnas que sustentan el sistema: JIT y Jidoka. El JIT, tal vez la herramienta más reconocida del sistema Toyota, significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en

la cantidad exacta. Jidoka consiste en dar a las máquinas y operadores la habilidad para determinar cuándo se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso. Ese sistema permite detectar las causas de los problemas y eliminarlas de raíz de manera que los defectos no pasen a las estaciones siguientes.

La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el Heijunka o nivelación de la producción y la aplicación sistemática de la mejora continua. A estos cimientos tradicionales se les ha añadido el factor humano como clave en la implementación de Lean, factor éste que se manifiesta en múltiples facetas como son el compromiso de la dirección, la formación de equipos dirigidos por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensa.

Todos los elementos de esta casa se construyen través de la aplicación de múltiples técnicas que han sido divididas según se utilicen para el diagnóstico del sistema, a nivel operativo, o como técnicas de seguimiento. Es importante utilizar este esquema de manera flexible en una primera aproximación al pensamiento Lean. *(Hernández, 2013).*

2.6 HERRAMIENTAS LEAN

De forma previa a la implantación de las herramientas de Manufactura Esbelta es importante establecer una estrategia de mejora continua. Por supuesto, la compañía debe tener muy claros cuáles son los objetivos para alcanzar y el camino a seguir hasta ellos. Se trata por tanto de analizar cuál es el estado actual del proceso productivo, evaluando las fortalezas y debilidad, y qué margen de mejora hay.

No es necesario implantar todas las herramientas de Lean Manufacturing. Cada una de ellas tiene unas características y unos propósitos concretos. Por lo tanto, cada compañía debe escoger aquellas que mejor se adaptan a su proceso de producción. Estas herramientas se pueden implantar de manera aislada y de manera gradual, poniendo el foco en el medio y largo plazo. Algunas herramientas que conforman la filosofía Lean Manufacturing son: *(Ortiz, 2019)*

VSM

Herramienta gráfica de análisis de los procesos de cualquier organización. El flujo del valor y el flujo de información se plasman visualmente en un mapa, haciendo evidente la correlación entre ambos. Los símbolos utilizados son simples y constituyen un lenguaje común para interpretar con facilidad cuáles son las operaciones, sus características, los transportes y la transferencia de información.

5s

El método 5s es una de las herramientas de Manufactura Esbelta más importante de todas. Se utiliza generalmente para optimizar las condiciones de cada puesto de trabajo, aplicando para ello la limpieza, el orden y la organización. Consiste en eliminar todo aquello que el operario no necesita en su zona de trabajo, evitando así pérdidas de tiempo a la hora de buscar herramientas.

SMD

Esta es una técnica cuyo principal objetivo es reducir el tiempo que tardan los empleados en cambiar el utillaje de herramientas y máquinas. Gracias a él se pueden fabricar lotes pequeños, lo que supone un gran punto a favor para adaptarse de forma precisa a cualquier tipo de imprevisto que surge durante el proceso productivo.

Kanban

Es un sistema que permite encontrar el punto de equilibrio óptimo en el proceso de producción entre proveedores y clientes. Se basa en el reaprovisionamiento mediante señales que avisan en el momento en el que se necesita mayor cantidad de material.

Andon

se define como un sistema de control visual. Gracias a él todos los empleados de una determinada compañía pueden conocer en tiempo real cuál es el avance y estado de las acciones de mejora continua. Se trata de una de las herramientas más útiles para lograr la involucración de toda la plantilla. Además, gracias a ella, si se detecta un determinado problema, la producción se paraliza por completo para dar con el origen y proceder a su resolución.

TPM

Es una herramienta de gestión de mantenimiento, diseñada a fin de evitar las paradas en las máquinas a causa de una avería. El principal objetivo es lograr un cambio de pensamiento en los operarios para así eliminar las averías y los accidentes en el lugar de trabajo. Al eliminar los tiempos muertos se mejora la productividad al tiempo que se reduce el tiempo de ciclo.

Heijunka

Una de las herramientas de Manufactura Esbelta más innovadoras de todas. Ofrece un sistema de planificación para optimizar la producción, trabajando con lotes más pequeños y mezclando distintos productos en el mismo proceso productivo. Así se consigue adaptar la capacidad productiva a la demanda del cliente, reduciendo plazos de entrega.

Takt time

Se conoce como Takt time al ritmo productivo al que una compañía debe producir en función de cuál sea la demanda del cliente. Se trata de un sistema simple e intuitivo, que permite ajustar el ritmo de producción para cumplir con los plazos de entrega.

Gemba

Esta es una nueva forma de entender el panorama de gestión empresarial. Indica que hay que pasar más tiempo en el taller y menos en la oficina. De este modo resulta mucho más sencillo comprender cuáles son los problemas reales que suceden en el proceso productivo.

Poka-Yoke

Una de las herramientas de Manufactura Esbelta más populares ya que permite detectar errores y prevenirlos en el proceso productivo. El principal objetivo es conseguir finalizar el proceso con cero defectos. Y es que, detectarlos en la posterior inspección de calidad y luego corregirlos resulta mucho más caro.

KPI

Key Performance Indicator (Indicador Clave de Comportamiento). Métricas que permiten el seguimiento de los progresos de la mejora continua en las empresas (*Hernández, 2013*).

CAPÍTULO 3 PROPUESTA DE MEJORA

Manufactura Esbelta se basa en el proceso de mejora continua, las etapas del proyecto se han basado en metodología de PDCA, y sus principios para la implementación, como lo sugiere la literatura. En este apartado se muestran las herramientas de Manufactura Esbelta que se utilizaron en este proyecto (Socconini, 2021).

1.- Situación actual: Fase Value Stream Mapping (Flujo de Valor / Mapeo del proceso), consiste en conocer detalladamente la situación actual. (Mapeo de procesos, SMED, Diagrama Spaguetti, Toma de tiempos, Lluvia de ideas, metodología 5 porqué, entre otros).

2.- Situación “debe”: Fase Flow (Flujo) esta etapa consiste en analizar los datos mapeados, hacer lluvia de ideas y diseño del estado ideal a futuro. (Value Stream Mapping situación futura, análisis SMED situación futura, diseño de recorridos, traslados a futuro con diagramas de spaguetti, diseño optimo de layouts, diseño “One Piece Flow” flujo de una pieza, Implementación de 5´s y visual management, generación del plan de mejora.

3.- Implementación, Fase Pull: Implementación del plan de mejoras, monitoreo y validación del impacto de las mejoras, estimación del impacto financiero esperado.

4.- Estandarización, Fase Perfection: creación de estandares, documentación de lo establecido y validación del impacto financiero por el departamento responsable.

De acuerdo a las etapas mencionadas, se trabajó un diagrama de Gantt, se muestra en la figura 7, en el cual se plasman las actividades y tiempos establecidos para cada etapa del desarrollo del proyecto. El objetivo es administrar las actividades de acuerdo con el tiempo planeado con una estimación de 25 semanas.

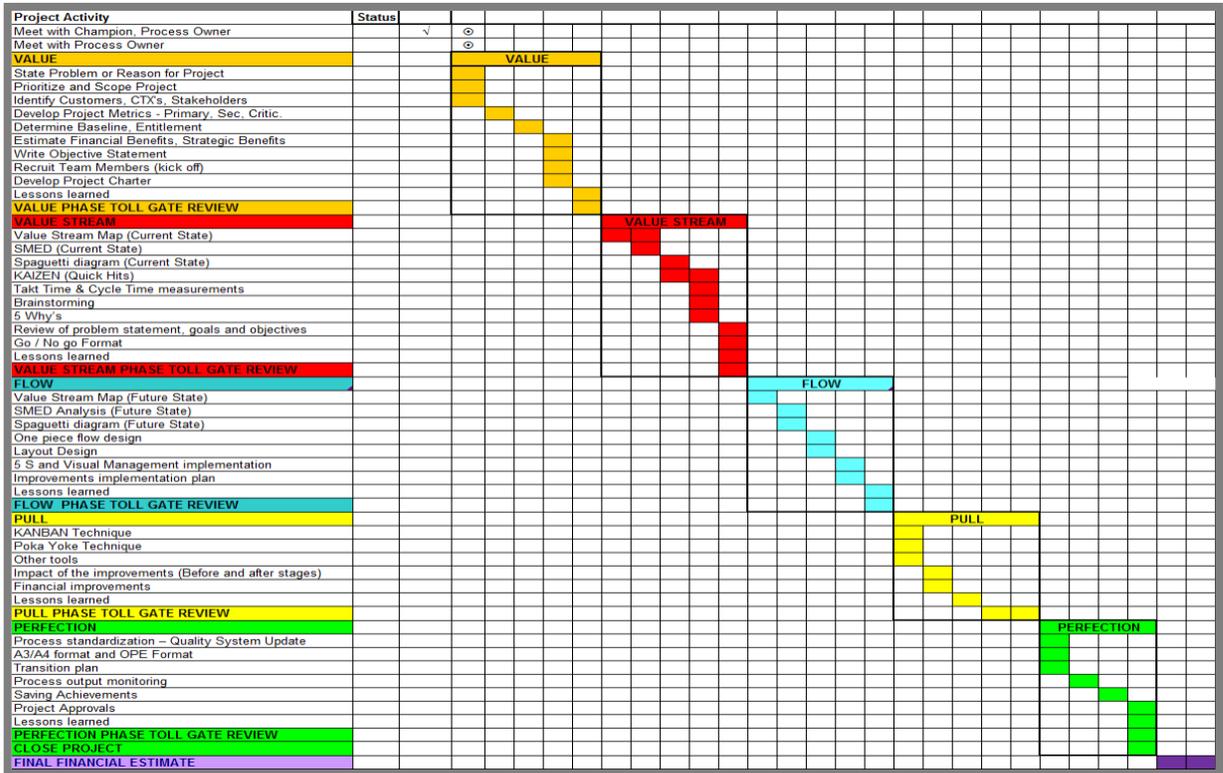


Figura 7 “Diagrama de Gantt”

3.1.- Situación actual: Fase Value Stream Mapping (Flujo de Valor / Mapeo del proceso).

En esta fase se mapean a detalle los procesos con el objetivo de medir/ conocer detalladamente la situación actual e identificar claramente las áreas de oportunidad para alcanzar el objetivo del proyecto.

Cabe mencionar que para todos los mapeos de actividades se involucró a los operadores y especialistas de las áreas en análisis, con el objetivo de hacerlos parte del pensamiento Lean, además de recibir la información de situación actual, real y escucharlo en sus actividades día a día.

3.1.1 Mapeo de área “Picos” (situación actual)

Análisis de carga de trabajo:

Con base a la hoja de secuencia de trabajo estándar definido para los operadores del área de Picos, se realizó el análisis de las actividades (Figura 8), incluyendo recorridos, el tiempo que les toma cada actividad y la frecuencia durante su turno, así se obtiene un **porcentaje de ocupación del 54.19%**.

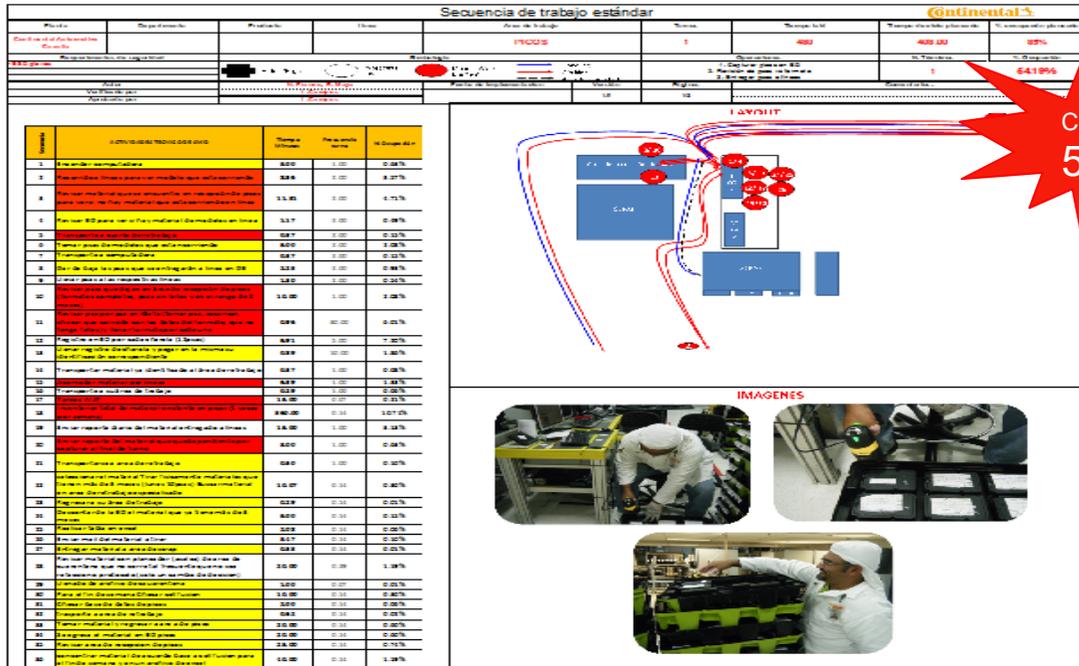


Figura 8 Análisis de carga de trabajo /porcentaje de ocupación de los operadores en el área de Picos

Mediante este análisis también es posible determinar las actividades que no agregan valor, las que sí agregan valor y las que no agregan valor pero son necesarias.

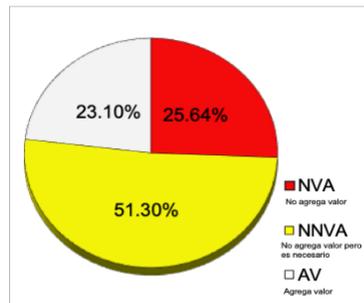


Figura 9 Diagrama de pastel con porcentajes de actividades derivado del análisis de actividades en Picos

Además de conocer a detalle las actividades que realizan los operadores, es importante conocer el flujo de las piezas, el manejo, las áreas que intervienen, por ello se mapea el proceso. El proceso de Picos, se divide en tres variantes:

- 1.- Proceso para la recepción de piezas en área de Picos.
- 2.- Proceso para la recepción piezas para resguardo en cuarentena.
- 3.- Proceso para la entrega de piezas a producción.

Con línea punteada y en rojo se marcó cuales actividades no agregan valor, como se muestra en la figura 10.

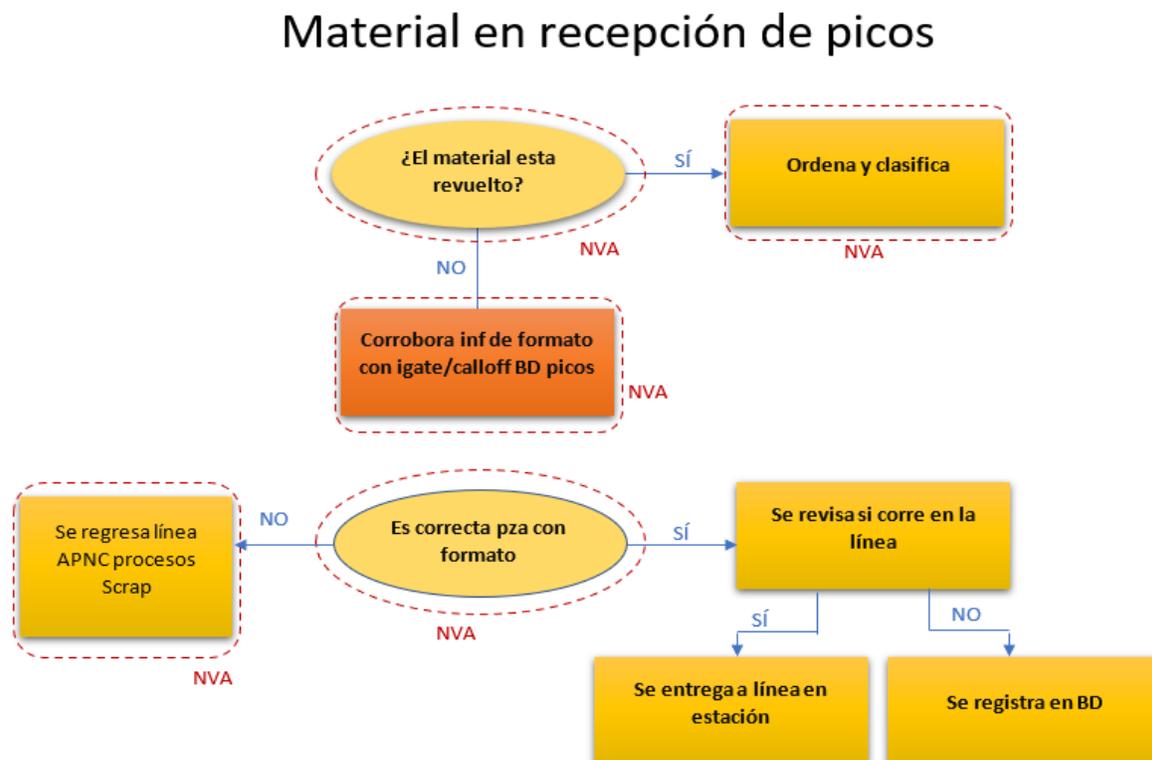


Figura 10 Mapeo del proceso de "Material en la recepción" en el área de picos

En la Figura 11, se muestra el mapeo realizado en el área de cuarentena, se marcó con asterisco rojo, las actividades que no agregan valor.

Recepción de material en cuarentena



Figura 11, Se muestra el mapeo del proceso de "Recepción de material en cuarentena" en el área de picos

De igual forma, en la Figura 12, con línea punteada y en rojo se marcó cuales actividades no agregan valor.

Entrega de material de picos a producción

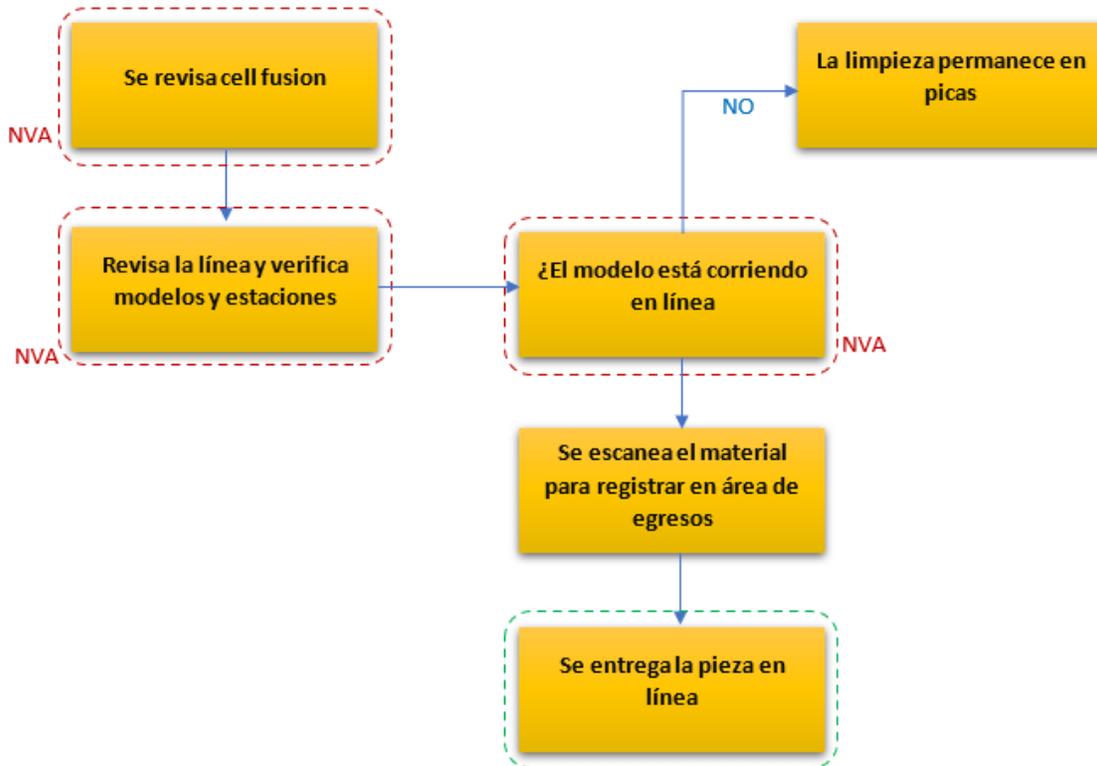


Figura 12 Se muestra el mapeo del proceso de “Entrega de material de picos a producción

Al mapear los procesos del área de Picos, también se determinó que hay actividades que no agregan valor y no son necesarias, se encontraron áreas de oportunidad en los flujos para llevarlos a procesos Lean.

Los principales cuellos de botella del proceso o áreas de oportunidad fueron:

- Material (Piezas) revuelto o mezclado.
- El operador tiene que revisar la información de cada pieza en las distintas bases de datos (call off, I-Gate, Cell fusión y base de datos de Picos).
- Ordenar y clasificar material.
- Material mal identificado.
- Transportar las piezas a la línea de producción.

El área de Picos tiene una función crítica, ya que requiere verificarse el material existente diariamente contra los planes de producción diarios, incluso por turnos con

el objetivo de asegurar que se libere a las líneas de producción el mismo modelo que se encuentre fabricando en las líneas de producción, de lo contrario, el material podría volverse obsoleto y se etiqueta como “no conforme” y se deshecha, lo cual representa pérdidas a la compañía.

En la siguiente Figura 13, se muestra gráficamente el stock promedio semanal que se ha tenido en el área de picos durante el año de estudio, el cual corresponde al 2013, año en el que se desarrolló el proyecto.



Figura 13 Gráfica de tendencia de inventario de picos en el año.

Este stock promedio de 1,011 piezas representa un promedio de \$400,000.00 mxn estancados, con riesgo de volverse “no conforme”.

Después del mapeo de actividades y del proceso, se identificó que solo hay 1 operador en turno central (8:00 a 17:00 hrs), no es efectivo trabajar estas actividades solo en 1 turno ya que en producción se trabaja las 24 hrs y las entregas de piezas almacenadas en Picos no se están entregando a producción para que continúen su proceso generando así la merma de piezas.

Otra área de oportunidad detectada es que el operador realiza retrabajos al recibir el material, tiene que buscar en distintas bases de datos la información real de las

piezas (modelos, configuración) para poder identificarlo correctamente en la etiqueta y en la base de datos (excel) donde las ingresan para almacenamiento en Picos.

En conclusión del mapeo de Picos se obtienen los siguientes datos relevantes, como se muestran en figura 14.

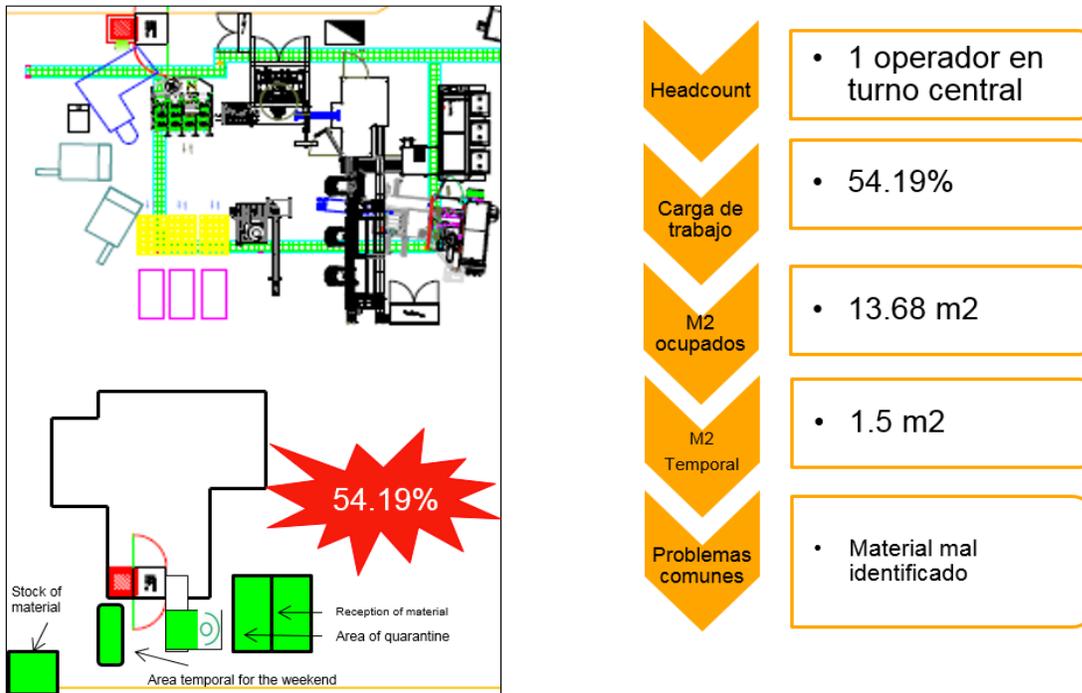


Figura 14 . Layout de área Picos, carga de trabajo promedio de los trabajadores, y áreas de oportunidad

3.1.2 Mapeo de área “no conforme” (situación actual)

Análisis de carga de trabajo:

De acuerdo a la hoja de secuencia de trabajo estándar de los operadores que administran el “no conforme”, se hizo el análisis de las actividades que realizan (incluyendo recorridos), el tiempo que les toma cada actividad y la frecuencia durante su turno, así se obtiene un **porcentaje de ocupación del 40.1%**. Se presenta este análisis en la Figura 15.

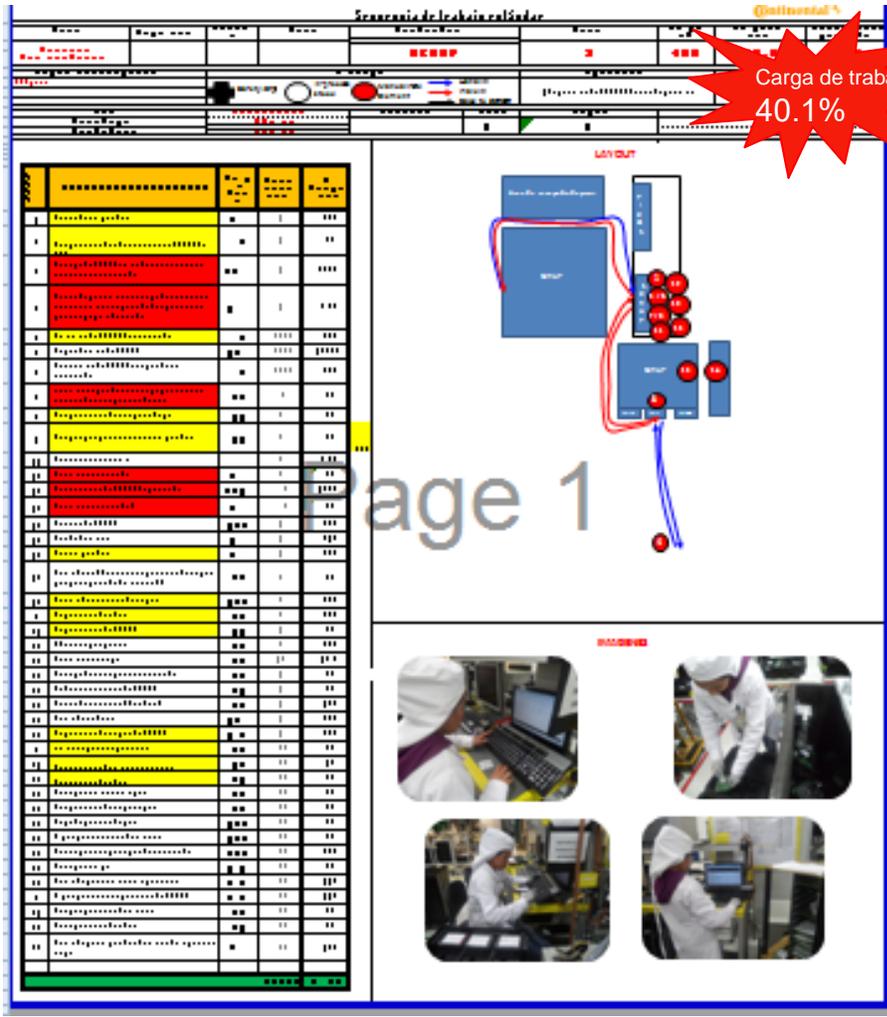


Figura 15, análisis de carga de trabajo y porcentaje de ocupación de los operadores en el área de “no conforme”

Con el análisis se logró identificar las actividades y porcentaje que agregan valor, las que no agregan valor pero son necesarias y las que no agregan valor, como se muestra en la figura 16.

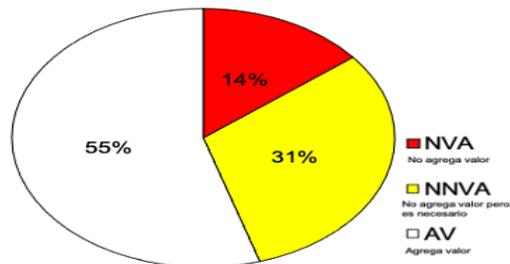


Figura 16 Diagrama de pastel con porcentajes de actividades.

También se mapea el proceso de “no conforme”, junto con los expertos del área, operadores, y supervisores como se muestra en la Figura 17.

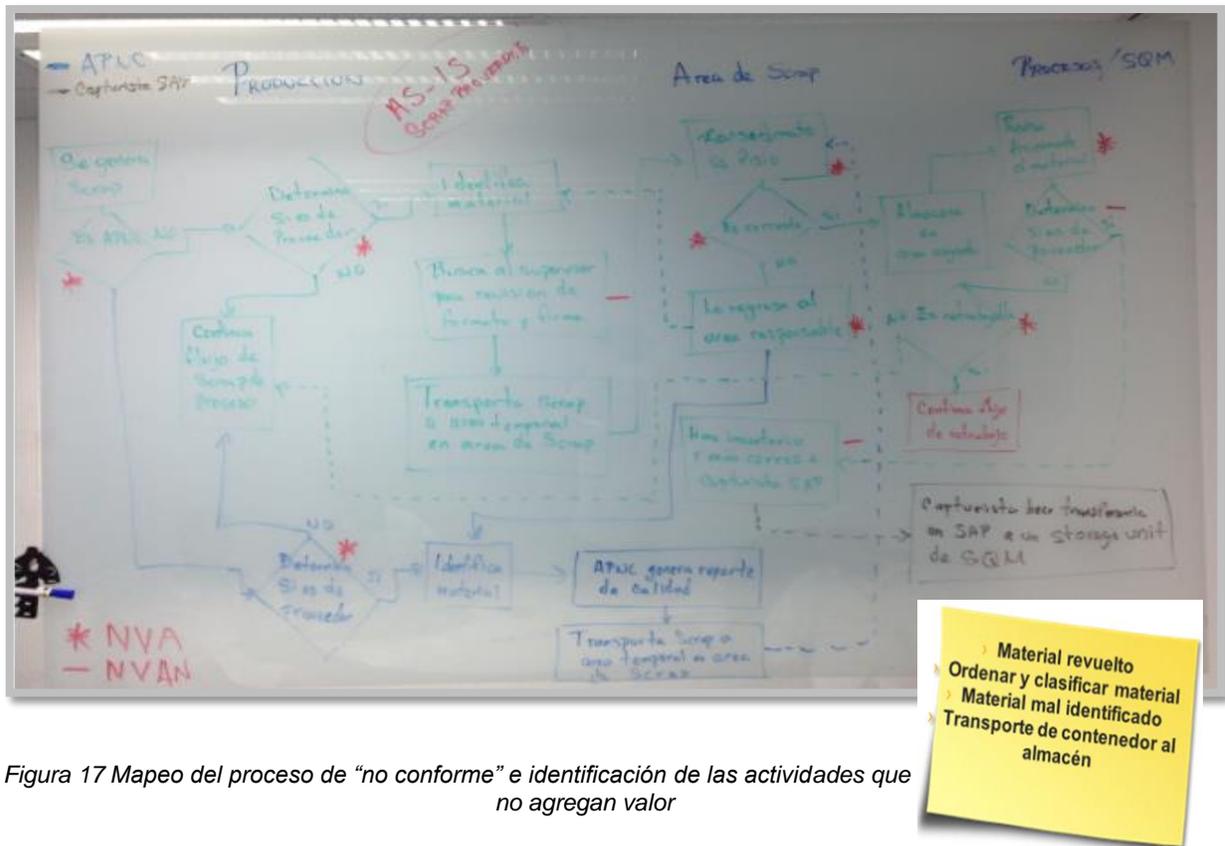


Figura 17 Mapeo del proceso de “no conforme” e identificación de las actividades que no agregan valor

En ésta área es común que el material para tirar a la caja de “no conforme”, se entregue mal identificado el modelo o la categoría de la causa que lo convirtió en “no conforme”. Es muy importante tener información correcta del material que se convierte en “no conforme”, pues dependiendo de la categoría se tienen diferentes centros de costos para tirar el material.

El “no conforme” es uno de los métricos (KPI) más importante para reportar y dar seguimiento, monitoreo, es muy relevante tener bien identificada la categoría o el motivo que generó el daño en el material, ya que derivado de dichos reportes se realizar la documentación correspondiente, se involucran problemas de calidad del material incluso con los proveedores de material, es por ello que la categorización del material debe ser exacta bajo el rubro que le corresponda porque se guardan todos los registros para con ello poder controlar los procesos y derivado de un análisis de causa raíz poder eliminar y/o reducir al máximo el “no conforme” que se

genere en alguno de éstos, dado que también son pérdidas monetarias para la planta.

En esta área tampoco es posible atender las 24 hrs (los tres turnos de producción) ya que solo hay dos operadores rotando turnos, por lo que siempre queda un turno sin atender. En conclusión del mapeo de “no conforme”, Figura 18, se obtienen los siguientes datos relevantes, así como las cargas de trabajo de los operadores y problemas comunes:

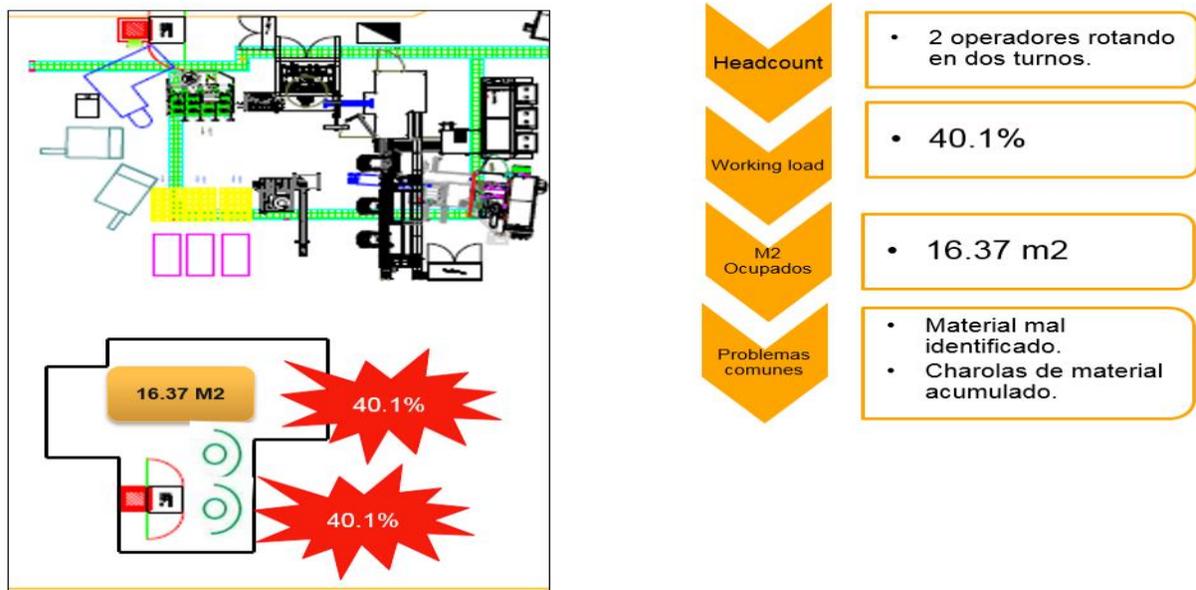


Figura 18 se muestra el Layout del área de “no conforme”

3.1.3 Mapeo de área “Re-trabajo” (situación actual) .

En esta área hay siete personas asignadas, con diferentes cargas de trabajo y la cantidad de personal no es la misma en los tres turnos. Cabe mencionar que aunque la mayoría del personal realiza actividades en común, sólo algunos realizan actividades especializadas, lo cual tiene como desventaja que para algunos materiales dependen de la disponibilidad o carga de trabajo de algún operador específico.

La metodología de análisis fue la misma, se citó al personal experto del área y a su supervisor para revisar las cargas de trabajo de los siete operadores, el mapeo del proceso, las mediciones y los análisis.

Análisis de carga de trabajo:

De acuerdo a la hoja de secuencia de trabajo estándar de los 7 operadores que administran el Re-trabajo, se hace el análisis de las actividades que realizan en ambos turnos (incluyendo recorridos, y retrabajos especiales), el tiempo que les toma cada actividad y la frecuencia durante su turno, así se obtiene un porcentaje de ocupación como lo muestran las figuras 19, en este caso es más extenso el análisis ya que hay variantes en los tipos de retrabajos y 20 en la cual se puede observar hay mucha variación entre sus funciones, también se muestra la cantidad de operadores por turno.

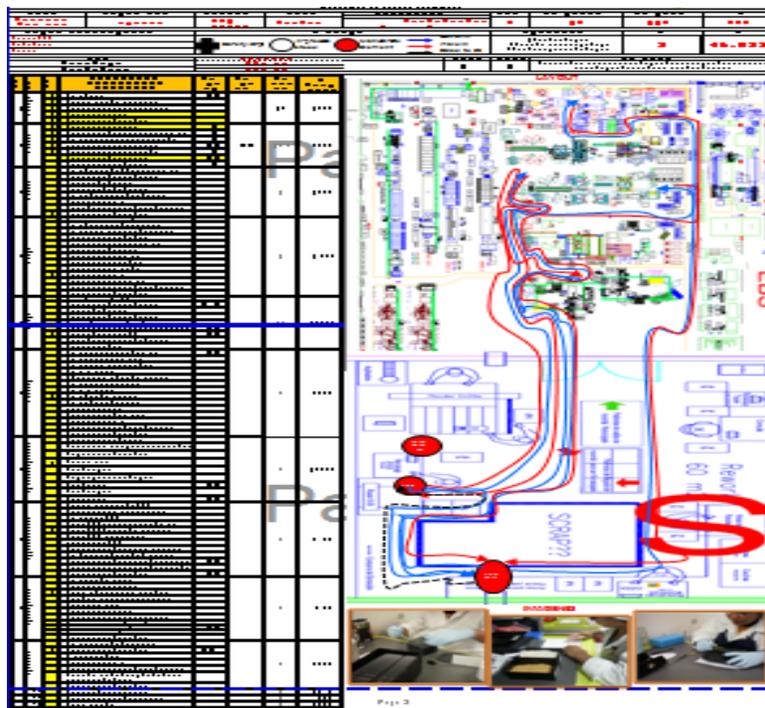


Figura 19 Análisis de carga de trabajo /porcentaje de ocupación de los operadores en el área de retrabajo

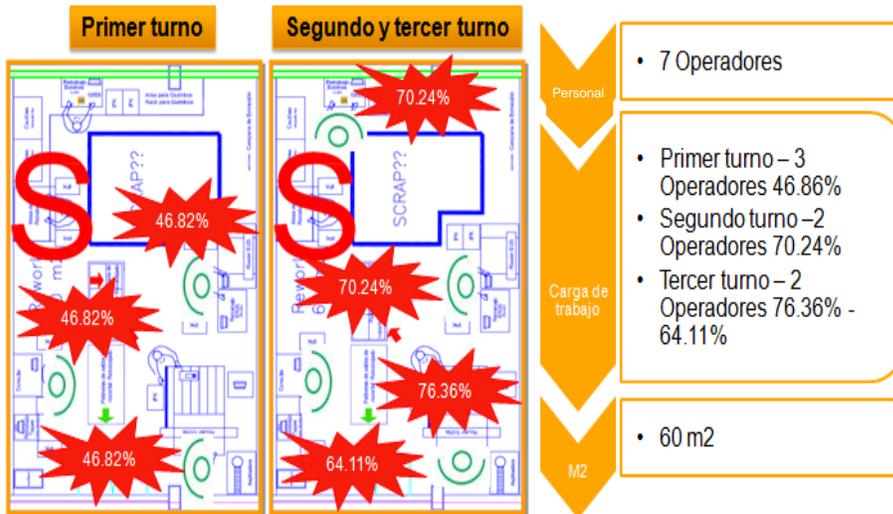


Figura 20 Layout del área de retrabajo y resultado del análisis de cargas de trabajo

La Figura 21 muestra el mapeo del proceso de retrabajo, marcado en línea punteada verde, solo las actividades que agregan valor.

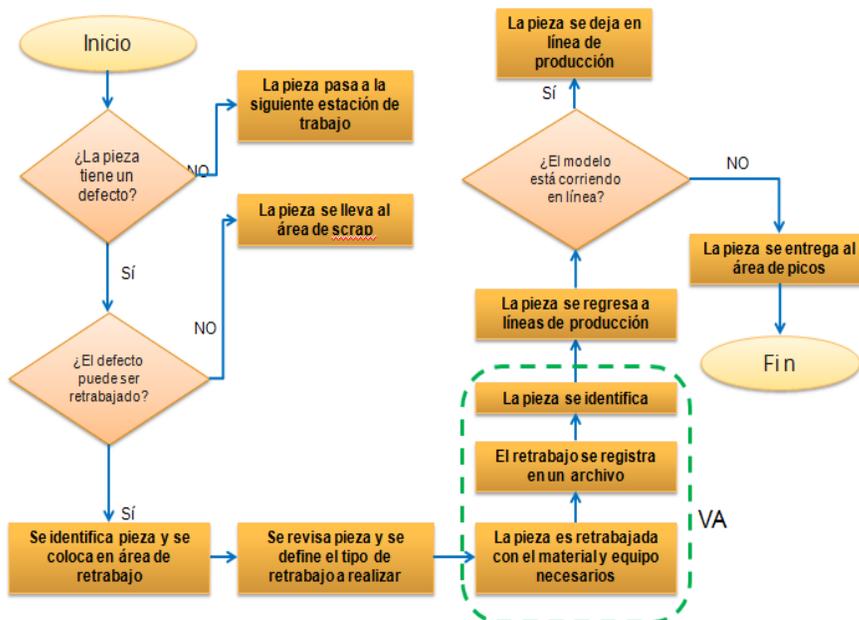


Figura 21 mapeo del proceso de retrabajo

Después de analizar las actividades a detalle y conocer el proceso, las actividades que agregan y no agregan valor, se determina que hay exceso de recorridos, falta de orden y limpieza en esta área, exceso de materiales, por lo que se procede a

realizar un análisis con la herramienta “Diagrama de espagueti” para analizar a detalle los recorridos y causas raices, también se sugiere aplicar 5’s.

La Figura 22, muestra la distribución de las estaciones de trabajo en el área de re-trabajo, así como el análisis de cada uno de los retrabajos.

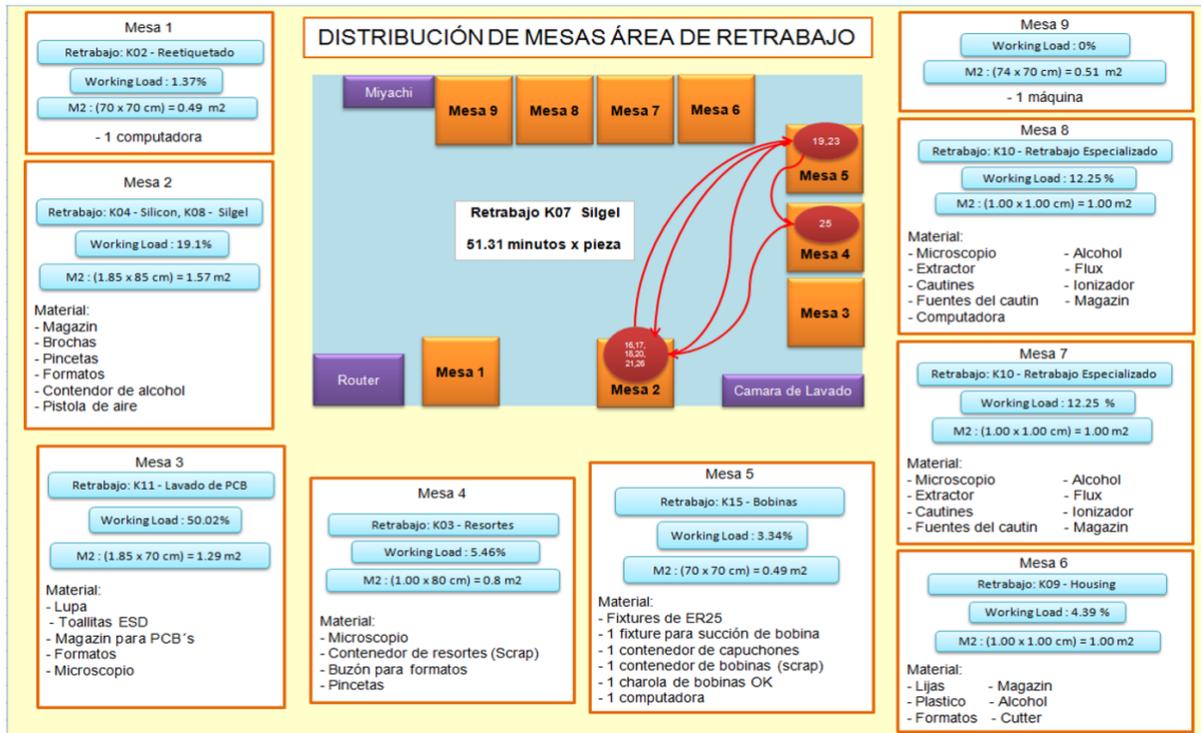


Figura 22 Distribución de las estaciones de trabajo en el área de retrabajo

Se determina que haciendo una re-distribución de las mesas, optimización de recursos (material, espacio y actividades) es posible eliminar los desperdicios en este proceso, por los que se hace un inventario de cada mesa de trabajo en el área, indicando el tipo de retrabajo que se realiza en cada estación de trabajo, la carga de trabajo, el inventario de material y los metros cuadrados que ocupa cada mesa de trabajo, como se muestra en la figura 23.

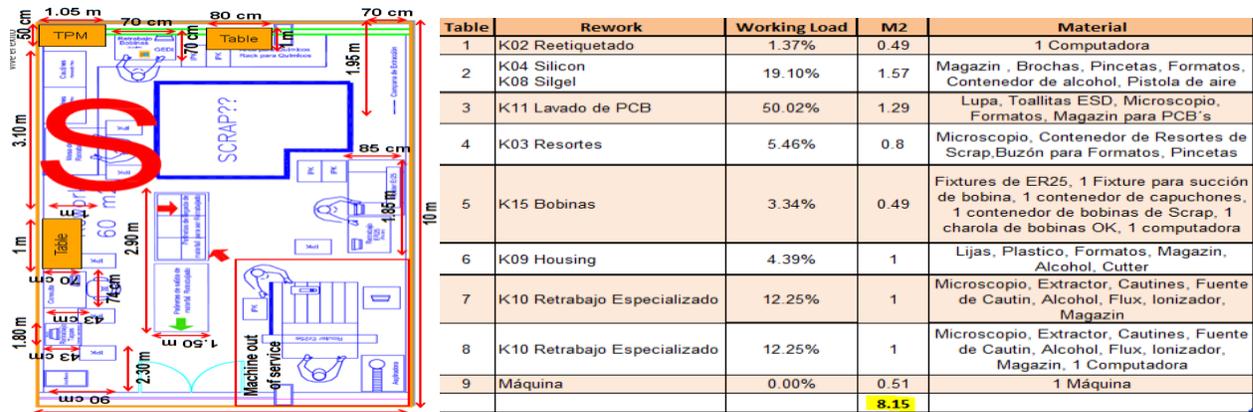


Figura 23 Inventario de mesas de trabajo en el área de retrabajo

También se identificaron las actividades y porcentaje que agregan valor, las que no agregan valor pero son necesarias y las que no agregan valor como se muestra en figura 24.

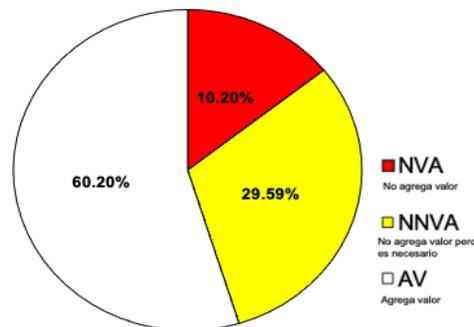


Figura 24 Diagrama de pastel con porcentajes de actividades del área de Retrabajo

3.2.- Situación “debe”: Fase Flow (Flujo).

Después del Value Stream Mapping, análisis de actividades y cargas de trabajo, se detectaron oportunidades de mejora para cada área así como las necesidades y prioridades para cada proceso, por lo que se determinó que una herramienta de digitalización sería clave en este proyecto como solución a la mayoría de las oportunidad detectadas.

La administración de las tres áreas será llamada “Área RSP”, por las siglas de Retrabajo, “no conforme” y Picos, la cuál será administrada por el mismo personal

que labora en esas áreas, aprovechando su conocimiento y expertis en estos procesos. Tendrán las mismas responsabilidades y objetivos, solo que esta vez trabajarán con procesos Lean.

Las propuestas de mejora principales, para eliminar los desperdicios en estos procesos son:

- ✓ Creación de un equipo multidisciplinario RSP, el cual trabajará con el software propuesto y los procesos mejorados en una misma área de trabajo el cual será llamado RSP, por sus siglas de Retrabajo, Scrap (“no conforme”) y Picos.
- ✓ Creación de un software que ayude a eliminar los desperdicios encontrados, el cual será administrado en interacción con el área de RSP y producción.
- ✓ Optimización de Layout, el cual será mejorado con las herramientas 5s y diagrama de spaguetti.
- ✓ Estandarización de actividades.
- ✓ Balanceo de cargas de trabajo.

Respecto al software, se propone diseñar una base de datos para administrar las tres áreas, la cual ayudara a eliminar y reducir aquellas actividades que fueron detectadas como NVA, no agregan valor a los procesos. Fueron tomadas en cuenta las bases de datos ya existentes, además de los requerimientos de producción y necesidades de las áreas involucradas con la finalidad de obtener una base de datos “Universal” y amigable con formatos y terminos ya conocidos y manejados por el personal.

Un reto detectado en esta etapa del proyecto es la necesidad del soporte por otros departamentos como Ingeniería Industrial (Desarrollo de software), el cual es el dueño de los servidores y software que almacenan la información y trazabilidad de cada pieza y procesos productivos.

Para los mapeos del “Estado futuro” fueron involucrados un programador del departamento de Ingeniería Industrial, además de expertos de los procesos a mejorar, así como algunos operadores de las áreas en cuestión.

Se determinó el requerimiento de un software con 5 módulos de captura, los cuales son:

- Registro de “no conforme”
- Registro de Picos
- Registro de cuarentena
- Registro de Re- trabajo
- Modelo en Línea

Una vez definidos los módulos requeridos para el software, se definieron los diagramas de flujo para cada módulo en interacción con producción, y el área involucrada, Picos, Scrap (“no conforme”) o Retrabajo según sea el caso.

La Figura 25 muestra el diagrama de flujo propuesto para la interacción del software propuesto con producción y el proceso de “Picos”. Recepción de piezas de Picos.

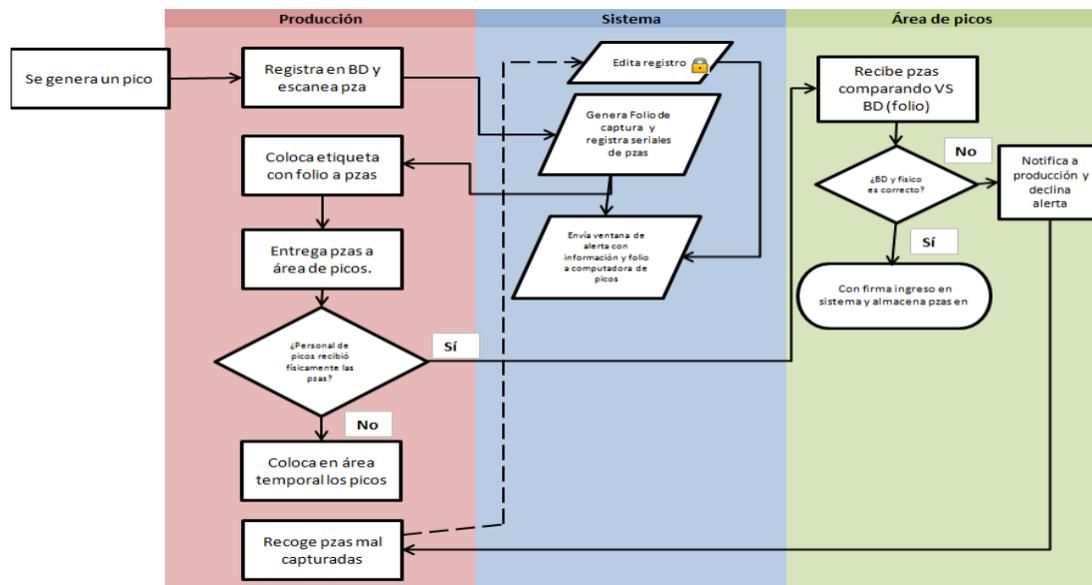


Figura 25 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de recepción de piezas “Picos “

El siguiente diagrama (Figura 26) muestra la propuesta para el caso cuando un modelo está corriendo en línea productiva y el área de Picos tiene piezas para re ingresar a la corrida de producción.

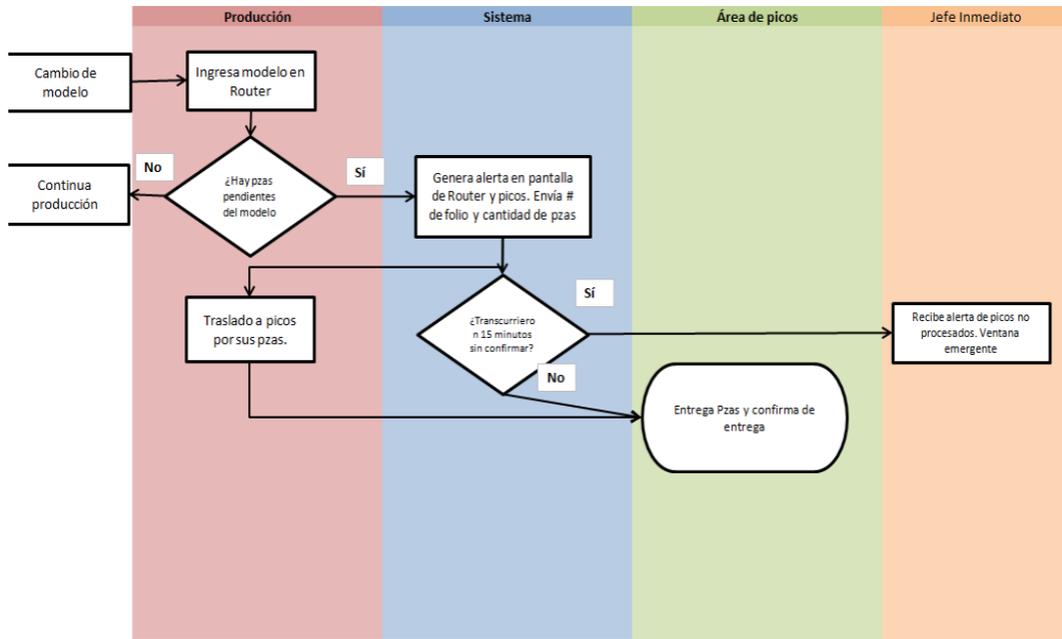


Figura 26 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de reingreso de piezas que están como Picos a las líneas de producción

En el análisis Value Stream Mapping se detectó como área de oportunidad el proceso de cuarentena de Piezas, ya que las piezas que son almacenadas para cuarentena suelen no regresar a tiempo a las líneas de producción para continuar su proceso y esto es un gran potencial de “no conforme”, e inventario Work In Process (WIP).

Por lo que se trabajó también en el diagrama de flujo para este proceso de Cuarentena, figura 27.

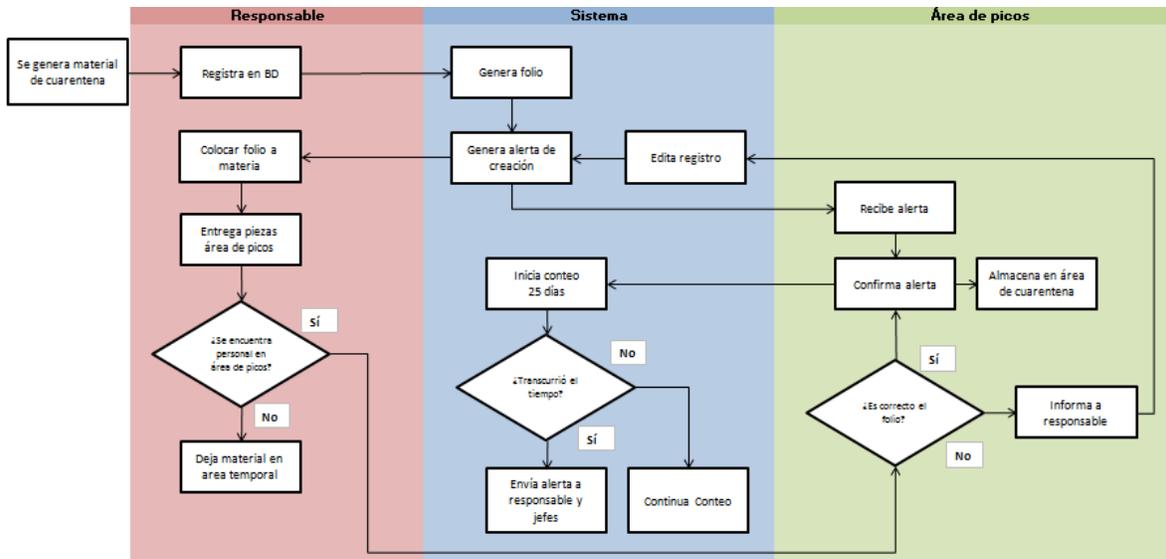


Figura 27 Diagrama de flujo para el proceso de cuarentena, en interacción con el software, con el área de Picos y Producción

Para el caso de Scrap “no conforme” se trabajó en dos flujos, cuando el “no conforme” es identificado como responsabilidad del proveedor y este requiere tener un trato especial además del involucramiento del departamento de Calidad a través de los Supply Quality Managment (SQM), para poder solicitar la reclamación correspondiente y el segundo caso es “no conforme” de proceso, el cual se refiere a que se convirtió en “no conforme” por motivos de nuestros procesos en la compañía. Figura 28 muestra el diagrama de flujo para el proceso de “no conforme” de proveedor.

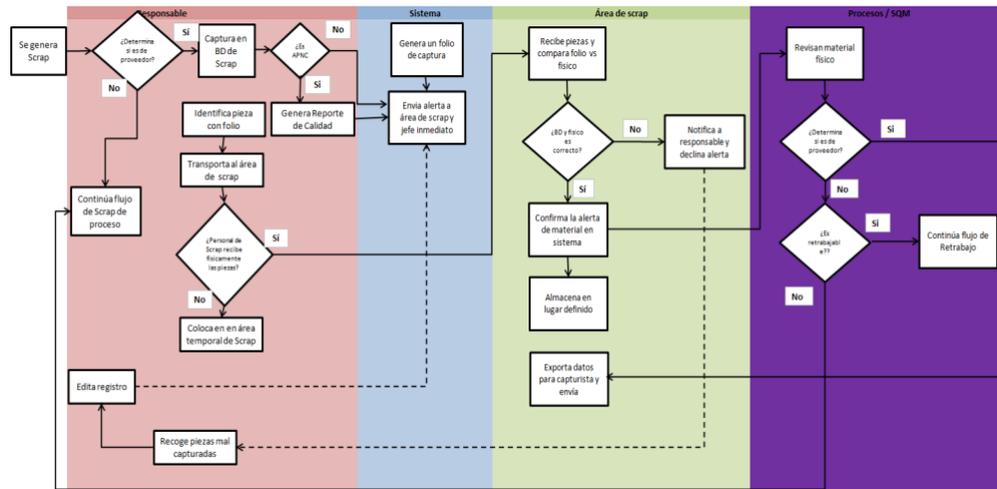


Figura 28 Diagrama de flujo para el proceso de “no conforme” de proveedor en interacción con el software, producción, departamento de manejo de “no conforme” y departamento de Calidad – SQMs

En figura 29, se muestra el diagrama de flujo propuesto para la interacción del “no conforme” de proceso:

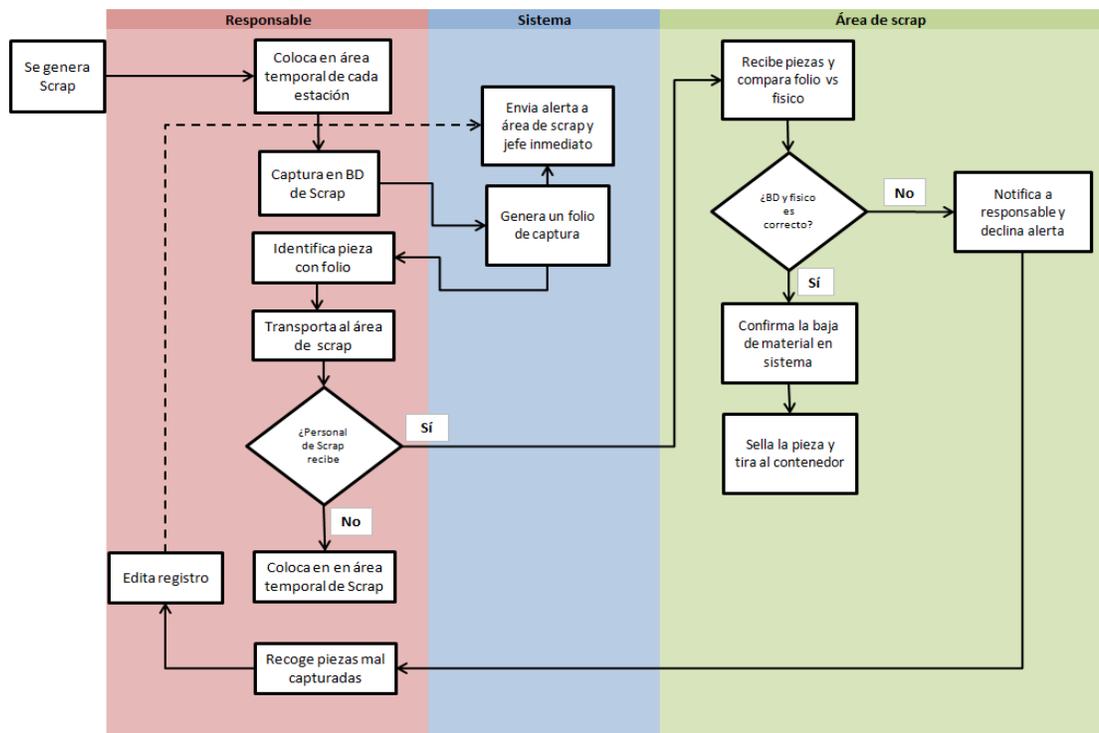


Figura 29 Diagrama de flujo para el proceso de “no conforme” de proceso en interacción con el software, producción y el departamento de manejo de “no conforme”.

Para los diagramas de proceso de Re- trabajo, se trabajaron dos flujos, el primero es para cuando una pieza es generada para ingresar al área de retrabajo, figura 30 y el segundo diagrama, figura 32, plantea el flujo de material cuando ya fue retrabajado y requiere regresar a las líneas de producción siempre y cuando el modelo se encuentre corriendo en alguna línea de producción.

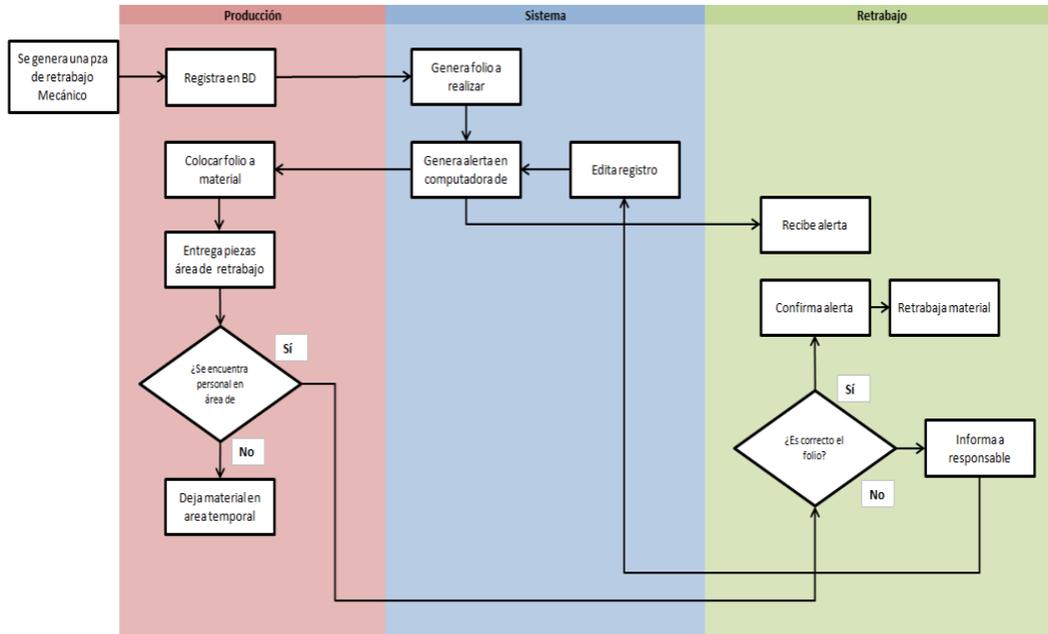


Figura 30 Diagrama de flujo para el proceso de Retrabajo de una pieza que requiere salir del proceso productivo y requiere un retrabajo.

A continuación figura 31 muestra el diagrama de flujo para una pieza que ya fue retrabajada:

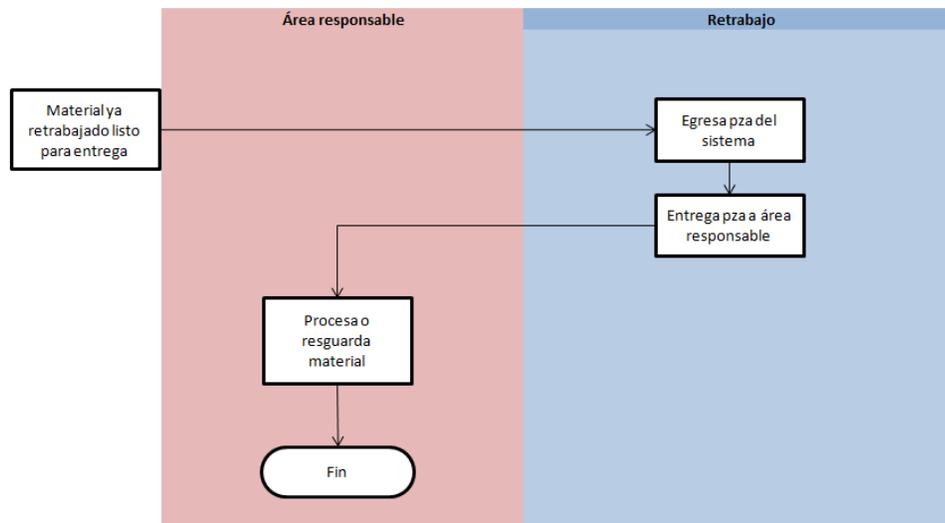


Figura 31, Diagrama de flujo para el proceso de Retrabajo de una pieza ya re trabajada lista para continuar su proceso.

Una vez diseñados los nuevos flujos de proceso para el “Estado futuro” el cual involucra la digitalización de estos tres procesos, es requerido el uso de estaciones de captura para la interacción de las áreas que generan el material ya sea de re trabajo, “no conforme” o material rezagado con el área que lo almacena y administra, “Área RSP”.

Para las estaciones de captura se analizó la ubicación estratégicamente con el layout de la planta, con el objetivo de evitar distancias largas de recorridos o traslados de material, logrando hacerlo más práctico para los usuarios, para tal efecto se propone colocar las estaciones de captura cerca de las estaciones donde se genera mayormente el material para almacenar como se muestra en el siguiente lay out y que se señalan con una S dentro de un círculo amarillo, así mismo se muestra con una línea punteada el recorrido que tendrá el material para llegar al área de almacenamiento de material y re trabajos, RSP, la Figura 32 muestra el Lay-out de la planta donde se muestra la ubicación de las tres estaciones de captura, señaladas con una S en círculo amarillo y el área donde se resguardará y administrará el material de estos tres procesos “no conforme”, Retrabajo y material rezagado (Picos).

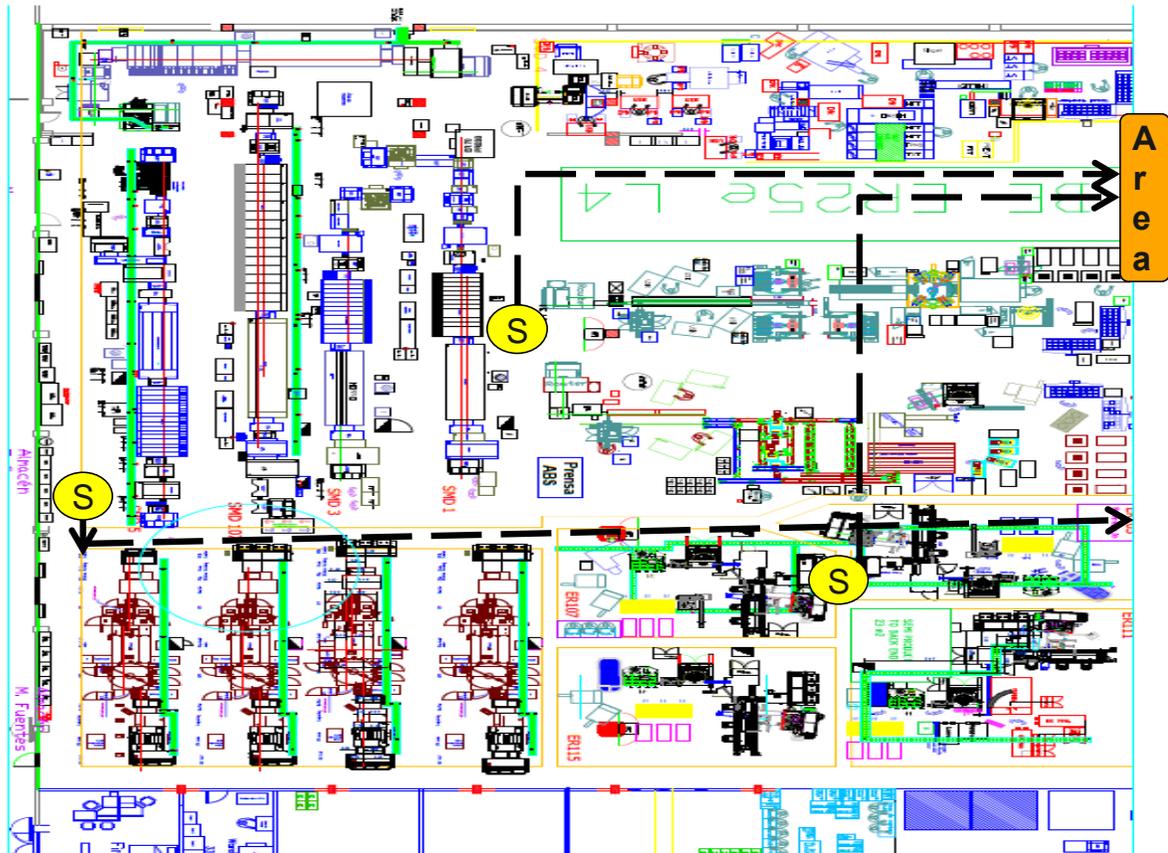


Figura 32, Layout de la planta

Para el área que administrará y almacenará el material de los procesos de Retrabajo, “no conforme”, y Picos se decidió nombrar “Área RSP”.

3.3- Implementación, Fase Pull.

En esta fase se trabaja con la implementación del plan de mejoras, monitoreo y validación del impacto de las mejoras, estimación del impacto financiero esperado.

Como parte de las implementaciones, las estaciones de captura han sido diseñadas de acuerdo a los lineamientos Lean y considerando la ergonomía de los usuarios, por lo que se solicitó al departamento de Enfermería la estatura promedio de los

trabajadores en la planta. Por temas de confidencialidad de datos, no se pudo obtener un listado, solo el promedio y este fue una altura de 1.64 cm.

La siguiente figura 33 muestra una estación de captura para usuarios de producción y RSP, la cual tiene instalado el software RSP, y un scanner para facilitar y asegurar la correcta trazabilidad de las piezas que entraran al área.



Figura 33, Estación de captura para usuarios de producción y RSP.

Después de realizar el estado a futuro para trabajar con los nuevos procesos en donde se involucra el software para los distintos flujos de procesos y teniendo las estaciones de captura implementadas en el piso de producción, se analizaron las cargas de trabajo para el personal de producción (Supervisor y Jefe de línea) quienes se pretende que tomen la responsabilidad en conjunto con RSP, para este nuevo flujo de proceso; por lo que se analizaron las Hojas de trabajo estándar del Supervisor de producción y del Jefe de línea de producción. También fueron analizadas las cargas de trabajo del personal de las áreas de soporte, considerando los nuevos flujos de proceso y hojas estándar de su función donde ya se involucran las actividades como; llenar los formatos para las piezas rezagadas, Picos, material

Scrap “no conforme” y material de retrabajo, la frecuencia y traslados de material, recorridos.

Como resultado se concluyó que el Supervisor de producción y Jefe de línea sí podían absorber la actividad de captura, así como el transporte de las piezas, considerando que la carga de trabajo debe ser menor al 85% de ocupación. En las figuras 34 y 35 se encuentran los análisis de tiempos y movimientos que se realizaron.

Supervisor 75.81 %

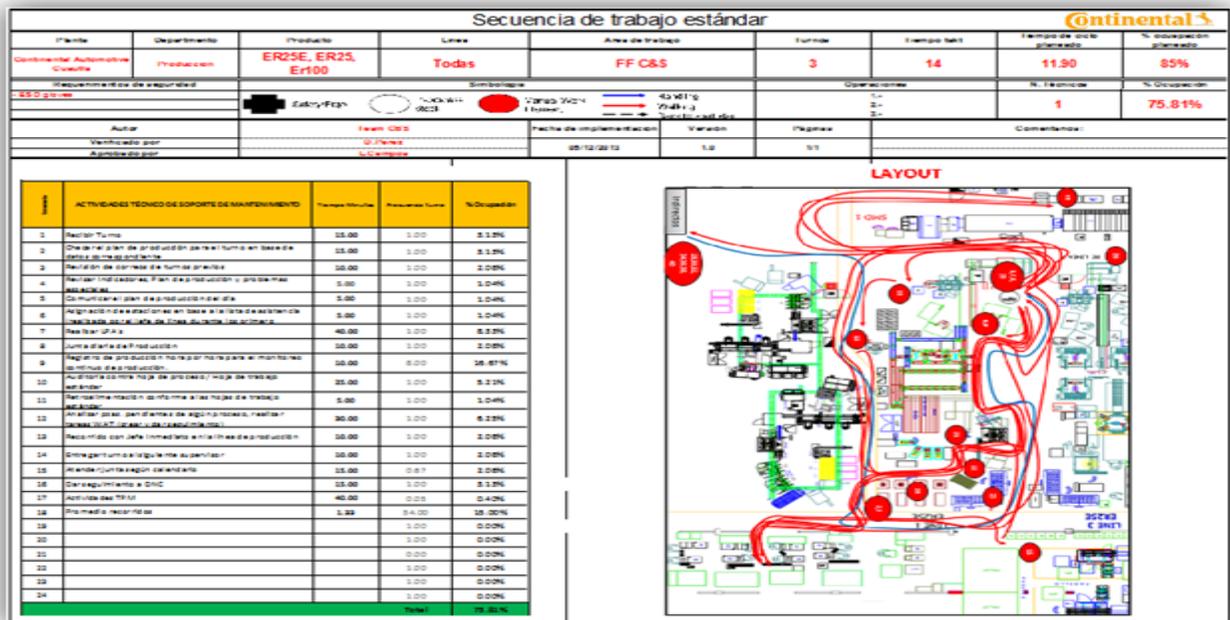


Figura 34, Análisis de carga de trabajo de supervisores de producción.

El espacio disponible para centralizar las tres áreas que conforman el área RSP es de 22.95 m², por lo tanto se requirió analizar las estaciones de trabajo con el objetivo de optimizarlas y reducir las para poder lograr esta integración y a su vez, la reducción del espacio m².

La optimización de espacio en las estaciones de retrabajo fue significativa, logrando reducir 5.14 m² a través de la implementación de 5's.

El impacto principal se vio reflejado con la eliminación de cuatro mesas de trabajo, lo que redujo el espacio necesitado de 8.15 m² a 3.01 m², y con esto también se redujeron los traslados de los operadores.

La siguiente figura 36, muestra las mesas que fueron eliminadas con una "X" roja y las mesas que fueron cortadas marcadas con una diagonal roja. En los cuadros blancos se aprecia las medidas de antes y después, a manera de resumen de la implementación de 5's y su impacto.

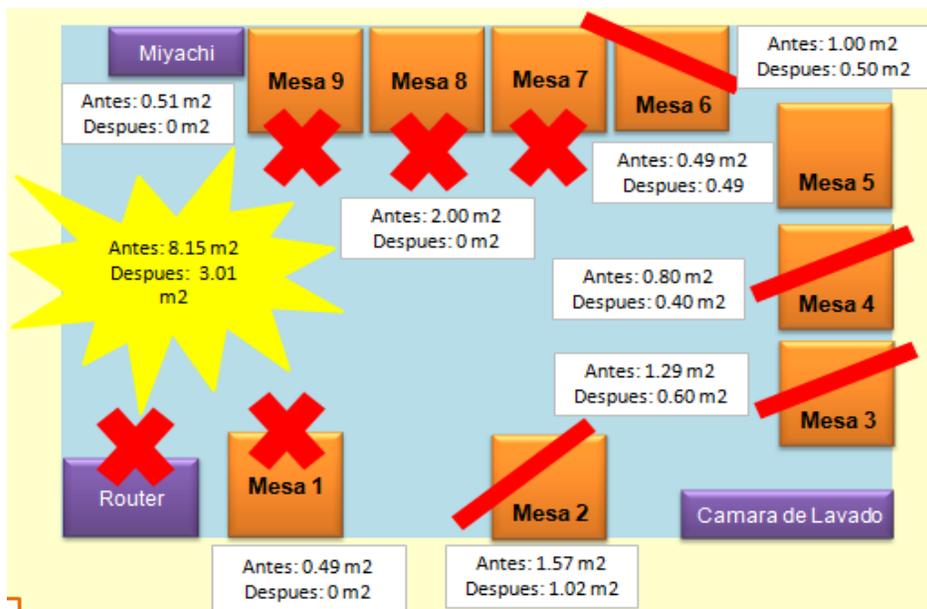


Figura 36 Optimización de espacios en área de retrabajo, utilizando la herramienta 5's.

La figura 37, muestra unas tablas comparativas del antes (tabla izquierda) y después (tabla derecha) de la optimización, marcando con rojo las mesas y M2 eliminados y con verde las mesas que fueron recortadas.

En la cuarta columna “M2” de cada tababla se muestra el espacio ocupado por esa mesa de trabajo, por lo que abajo como resumen se puede apreciar claramente la sumatoria total, demostrando que antes las mesas totales ocupaban un espacio de 8.15 m2 y en la situación después de las optimizaciones quedando de 3.01 m2, logrando reducir un espacio de 5.14 m2. Los trabajos que se realizaban en las mesas que fueron eliminadas, se determinó que podían ser realizados en las otras mesas que quedaron disponibles. Para actividades de retrabajo, donde se detectó que a través de 5´S se podría reducir y optimizar el espacio m2, lo cual tendría un impacto positivo en los recorridos y traslados. El análisis se hizo con el formato de la figura 37.

Table	Rework	Working Load	M2	Material	Table	Rework	Working Load	M2	Material
1	K02 Reetiquetado	1.37%	0.49	1 Computadora	1	K02 Reetiquetado	1.37%	0	
2	K04 Silicon K08 Silgel	19.10%	1.57	Magazin , Brochas, Pincetas, Formatos, Contenedor de alcohol, Pistola de aire	2	K04 Silicon K08 Silgel	19.10%	1.02	Magazin , Brochas, Pincetas, Formatos, Contenedor de alcohol, Pistola de aire
3	K11 Lavado de PCB	50.02%	1.29	Lupa, Toallitas ESD, Microscopio, Formatos, Magazin para PCB's	3	K11 Lavado de PCB	50.02%	0.6	Lupa, Toallitas ESD, Microscopio, Formatos, Magazin para PCB's
4	K03 Resortes	5.46%	0.8	Microscopio, Contenedor de Resortes de Scrap,Buzón para Formatos, Pincetas	4	K03 Resortes	5.46%	0.4	Microscopio, Contenedor de Resortes de Scrap,Buzón para Formatos, Pincetas
5	K15 Bobinas	3.34%	0.49	Fixtures de ER25, 1 Fixture para succión de bobina, 1 contenedor de capuchones, 1 contenedor de bobinas de Scrap, 1 charola de bobinas OK, 1 computadora	5	K15 Bobinas	3.34%	0.49	Fixtures de ER25, 1 Fixture para succión de bobina, 1 contenedor de capuchones, 1 contenedor de bobinas de Scrap, 1 charola de bobinas OK, 1 computadora
6	K09 Housing	4.39%	1	Lijas, Plastico, Formatos, Magazin, Alcohol, Cutter	6	K09 Housing	4.39%	0.5	Lijas, Plastico, Formatos, Magazin, Alcohol, Cutter
7	K10 Retrabajo Especializado	12.25%	1	Microscopio, Extractor, Cautines, Fuente de Cautin, Alcohol, Flux, Ionizador, Magazin	7	K10 Retrabajo Especializado	12.25%	0	
8	K10 Retrabajo Especializado	12.25%	1	Microscopio, Extractor, Cautines, Fuente de Cautin, Alcohol, Flux, Ionizador, Magazin, 1 Computadora	8	K10 Retrabajo Especializado	12.25%	0	
9	Máquina	0.00%	0.51	1 Máquina	9	Máquina	0.00%	0	
			8.15					3.01	

■ Reducido
■ Removido

Figura 37 Análisis de cargas de trabajo

Siguiendo con el reto de la optimización de espacio, se requiere analizar en conjunto las estaciones de trabajo de las tres áreas, por lo que se revisaron también los m² que requieren para operar, por lo que se realizaron simulaciones en papel, con el objetivo de optimizar los espacios y crear el mejor Layout para las tres áreas que convivirán en el mismo espacio de trabajo. La técnica consiste en crear las estaciones de trabajo en papel a escala y poder moverlas, haciendo diferentes propuestas hasta encontrar el diseño óptimo de Layout. El resultado de la optimización de los espacios se muestra en la figura 38.

Después de hacer la simulación en papel se comenzó a trabajar con los aspectos de seguridad, ya que por ser un área aislada, debe contar con salidas de

emergencia y rutas de evacuación, así como también se consideró que por ser un área en la que se utilizan químicos peligrosos e inflamables para realizar los retrabajos, se buscó que la puerta de acceso y muros fueran a prueba de explosión, así como colocar una campana de extracción para los vapores y gases que los químicos generan, también se consideró el tema de la humedad relativa (3%), ya que los componentes y pasta que se utilizan para retrabajar son altamente sensibles a la humedad y ello se puede controlar con el clima, en seguida se revisaron los aspectos ergonómicos y los traslados dentro del área para los operadores.

En la figura 38 se observa el antes y después de las optimizaciones, aplicación de 5's y diseño de layout, anteriormente las tres áreas ocupaban 90.05 m² y en el layout que fue optimizado el área quedó de 22.95m², con esto se reduce el espacio de 67.05m².

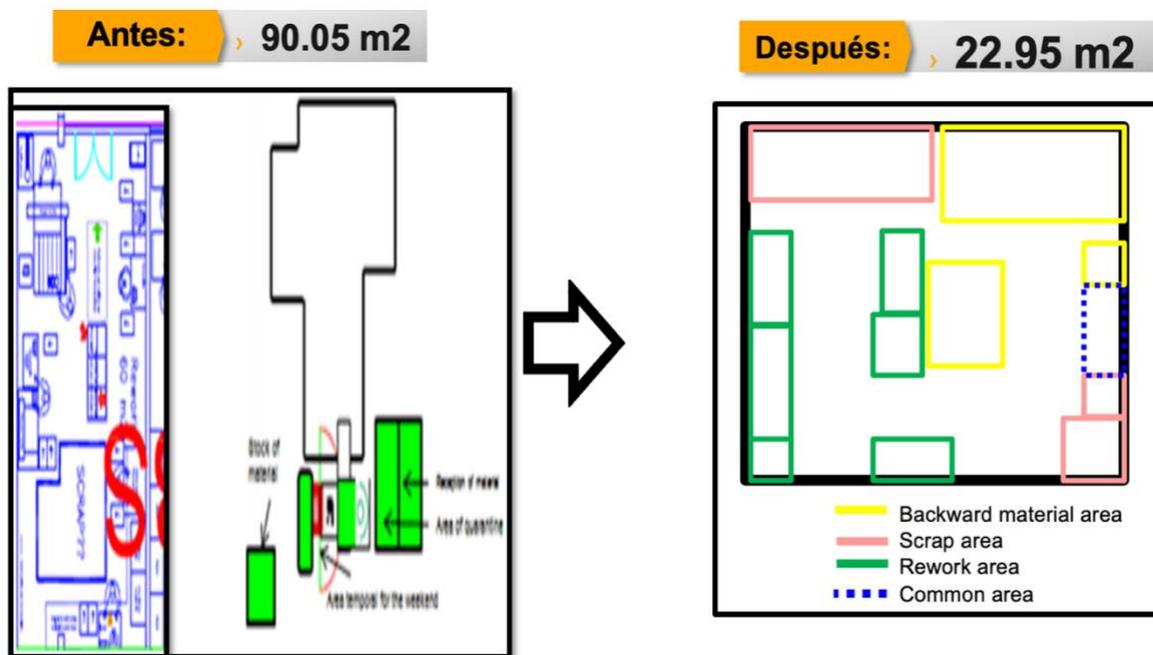


Figura 38 Optimización de 67.05 m² en área de RSP. Antes y después

El factor de recurso humano representó un gran reto ya que como se demostró en un principio en la etapa VSM, los 10 operadores responsables de estos tres

procesos tenían turnos de trabajo distintos y también cargas de trabajo dispares, es decir no había trabajo estandarizado.

Como resultado de la estandarización de actividades, análisis de cargas de trabajo y detectar actividades que no agregan valor, al concentrarse las tres áreas, con un espacio estandarizado, con ayuda de la estandarización de actividades, estandarización y optimización de actividades a través del Software RSP, que involucra los nuevos estándares de trabajo, flujos de proceso eficientes se logró eliminar los problemas principales que en su mayoría eran actividades innecesarias, y con ello se obtuvo la reducción de personal a 6 personas necesarias, dos por turno, con carga de trabajo estandarizada y sin exceder la carga de trabajo del 85% de ocupación.

Las figura 39 muestra las cargas de trabajo optimizadas de acuerdo a los nuevos procesos para Scrap “no conforme”, Retrabajo y Picos y el nuevo layout diseñado para el área RSP en un espacio de 22.95 m².

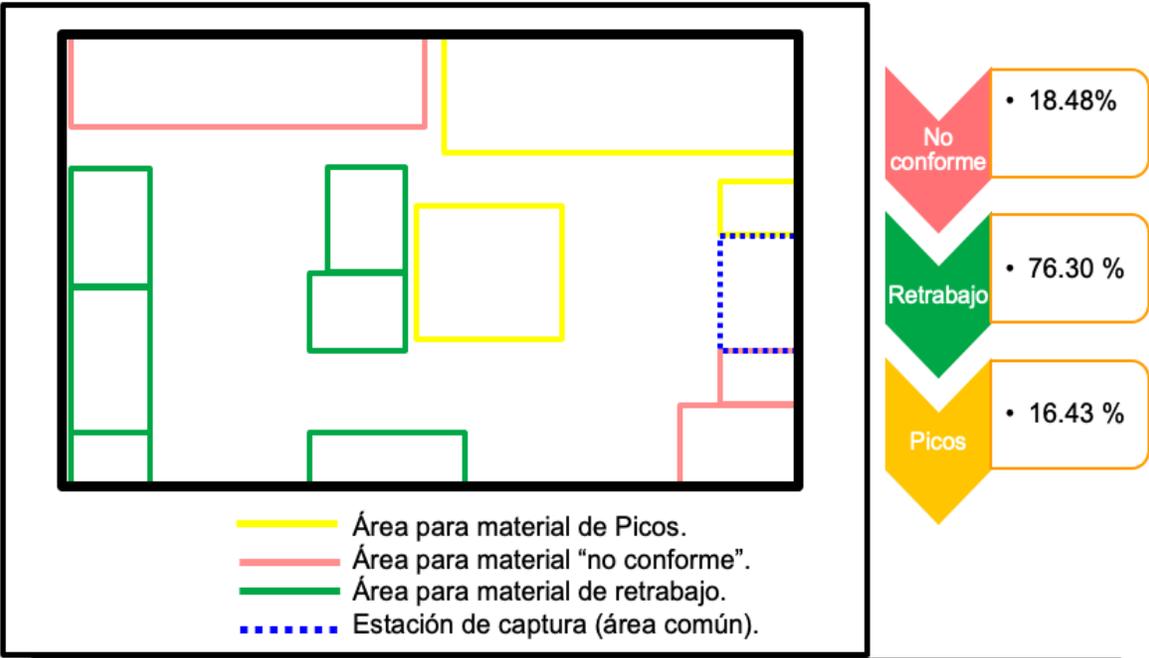


Figura 39, porcentaje de cargas de trabajo para cada área y Layout para área RSP.

Por lo que se declaran solo 2 personas requeridas por turno para atender el área RSP. El layout del área RSP de solo 22.95m² donde están integradas las estaciones de trabajo para los tres procesos, Retrabajo, Picos y “no conforme”.

Las cuatro personas que no fueron requeridas para el área RSP, fueron reubicadas en las nuevas líneas de producción, lo que generó un ahorro para la compañía ya que no se tuvo que contratar ni comenzar la capacitación desde cero.

La siguiente figura 40, muestra el estado futuro para el área RSP, donde se demuestra que con 2 operadores por turno se pueden cubrir el área RSP, respetando las cargas de trabajo no sean mayor a 85% como se solicitó. También muestra el Layout organizado por área de trabajo, ocupando un espacio de 22.95 m².

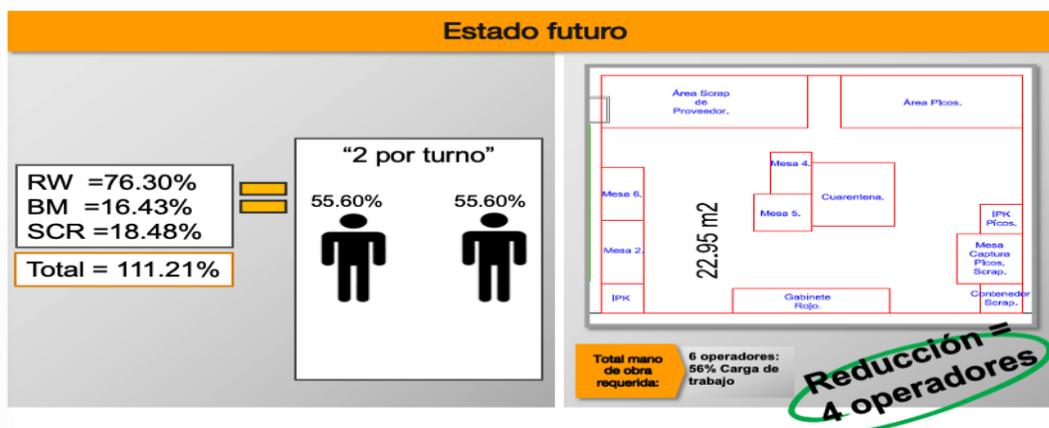


Figura 40, estado futuro para área RSP.

La implementación del Software RSP fue clave en este proyecto, ya que las mejoras en los flujos de proceso, así como eliminar actividades que no agregan valor, asegurar la trazabilidad del material, balanceo de cargas de trabajo y con ello lograr la estandarización de actividades son consecuencia de este.

El software RSP está ligado 100% con el sistema de trazabilidad establecido en la compañía y se llama MES i-Gate. Se revisó quién podría crear lo que se necesitaba y se recurrió a varios proveedores, sin embargo los proveedores no podían ofrecer más que una base de datos, ya que, sólo personal de la planta puede tener acceso

al sistema MES i-Gate, ello con la finalidad de asegurar que no hagan modificaciones que pudieran afectar la trazabilidad, por lo que se eligió la cotización más aproximada a lo que se necesitaba y finalmente se recurrió al área que administra el sistema MES i-Gate, quienes ofrecieron crear el software, administrarlo y ligarlo a MES i-Gate, esto originó un ahorro de \$105,000.00 (MXN), ya que el software cuenta con varios módulos de captura y reporte, siendo que el proveedor realiza módulos por separado, el costo que maneja es por cada uno de ellos, por lo que finalmente se decidió que el software fuera desarrollado por el personal de IT de la planta, con lo que eliminamos también los costos por mantenimiento del sitio web, además de tener soporte durante las 24 hrs.

La siguiente figura 41 muestra la cotización en pesos mexicanos, para el desarrollo de un módulo con un proveedor externo. Para el estado futuro, para este proyecto se requieren siete módulos, dando un total de \$105,000 mxn.

REDES, INSTALACIONES Y SERVICIOS A COMPUTADORAS, S.A. de C.V.



Redes de Computadoras y Sistemas de seguridad:
 Diseño, instalación y Mantenimiento de Redes de Voz y Datos
 Sistemas de Vigilancia, Pantallas, Soportes de techo.
 Sistemas de Seguridad, Sonido ambiental, CCTV,
 Vigilancia, Control de Acceso y Control de Asistencia.

Servicios Computacionales y Telefónicos:
 Venta de Equipo de Cómputo y Comunicaciones.
 Mantenimiento de QA, BQA y Periféricos
 Sistemas de operadores automática y Correo de Voz
 de llamadas, Telex, Secretarías.

Permítanos agradecerle por ayudarnos a cumplir 22 años a su servicio

Civic, Mor. Abril 12, 2014

Lic. Isabel Vázquez
Continental Automotive Mexicana S.A. de C.V.
 Presente

De acuerdo a su solicitud de cotización, me permito presentar a usted para su análisis, nuestra cotización No. RISC 153/14 para los siguientes servicios en base al Anexo A.

No.	Descripción	Días	Costo	Días	Costo	
1	Generales			35	\$ 15,000.00	
	1. Privilegios: manejo de privilegios en el sistema	2	\$ 500.00			
	2. Catálogo de categorías	1	\$ 500.00			
	3. Catálogo de claves internas	1	\$ 450.00			
	4. Consulta y liga de catálogos con sistema de SCRAP P1: modelos, costos, líneas, áreas, estaciones, supervisores, causas.	3	\$ 750.00			
	5. Alertas por mail y/o en pantalla (nuevo pico, después de 15 min. pico rechazado para editar).	3	\$ 500.00			
	Producción					
	1. Registro y edición de un nuevo pico en sistema	5	\$ 3,200.00			
	2. Registro de turno (modelo a correr y validación de picos existentes)	4	\$ 1,300.00			
	Área de Picos					
	1. Validación de nuevos folios de picos en sistema	5	\$ 1,800.00			
	2. Entrega de picos solicitados en sistema	4	\$ 1,500.00			
	3. Reportes con filtros y gráficos (tomando como base los de Scrap P1)	7	\$ 4,500.00			
	Totales:				35	\$ 15,000.00

Condiciones comerciales:

- 1.- Forma de pago: 100% al finalizar el desarrollo de la aplicación
- 2.- Vigencia de la cotización: 10 días
- 3.- Tiempo de entrega: especificado en cada apartado (días naturales).
- 4.- Los precios anteriores no incluyen el 16% de I. V. A.

Figura 41, Cotización para desarrollo de un módulo para el Software RSP

Dado que el costo de inversión era muy elevado, se expuso el costo de implementación a los directores de planta y se solicitó el soporte del departamento de Desarrollo IT, lo cual generó además de beneficios económicos por el costo evitado, también se logró utilizar las bases de datos ya conocidos por el personal facilitando así la capacitación y siendo un software amigable a los usuarios. Este trabajo se hizo en conjunto de Supervisores de producción, los responsables y expertos de los procesos RSP, así como ingenieros de procesos con el objetivo de tener un equipo multidisciplinario y no omitir datos importantes, logrando conseguir todos los detalles relevantes y considerarlos.

A continuación en figura 42, se muestra el desarrollo de la plataforma RSP:



Figura 42, Pantallas de inicio de sesión en RSP software.

Otros beneficios de la implementación del software:

- ✓ Costo evitado por software creado con recursos propios de la compañía de \$150,000 Mxn.
- ✓ Accesibilidad y flexibilidad para realizar mejoras futuras.
- ✓ Costo evitado por mantenimiento.
- ✓ Mejor trazabilidad de las piezas a través de MES i-Gate.
- ✓ Interacción entre el software y MES en tiempo real.
- ✓ Estandarización con la fuente local de Continental.

El software RSP fue colocado en la intranet planta Cuautla, para que todos tuvieran acceso rápido y fácil, además de que el software se encuentra en la Web e interactua con el sistema MES, como se muestra en la figura 43.

The screenshot displays the Cuautla intranet web interface. On the left, there are three vertical navigation panels: 'Temas' (Topics) with links like 'Inicio', 'Dirección General', and 'e-Learning'; 'Departamentos' (Departments) with links like 'Controlling & IT' and 'Logística'; and 'Feliz Cumpleaños' (Happy Birthdays) featuring a photo of Angel Leal Estemico. The main content area is titled 'Anuncios' (Announcements) and 'Planta Cuautla'. It features a table with columns for '2014' (Q2, Q3, Q4) and '2015'. A large orange box with a white arrow and the text 'RSP' is overlaid on the left side of the main content, with a green arrow pointing to the 'RSP' link in the right-hand navigation panel. The right-hand panel, titled 'Utilitarias' (Utilities), contains a list of various tools and services, with 'RSP' highlighted in a green box. At the bottom right, there is a 'Nuevos Ingresos' (New Arrivals) button.

Figura 43, acceso al software RSP, en la intranet Cuautla Web.

Como parte de la implementación estandarizada y ayuda se agregó una guía de usuario, en la siguiente figura 44 se identifica el botón de ayuda para descargar la guía de usuario en la pantalla de inicio del software RSP.



Figura 44, guía de ayuda para ingresar a software RSP.

También se agregó una guía general para captura y rastreo de piezas en el Software RSP, figura 45.

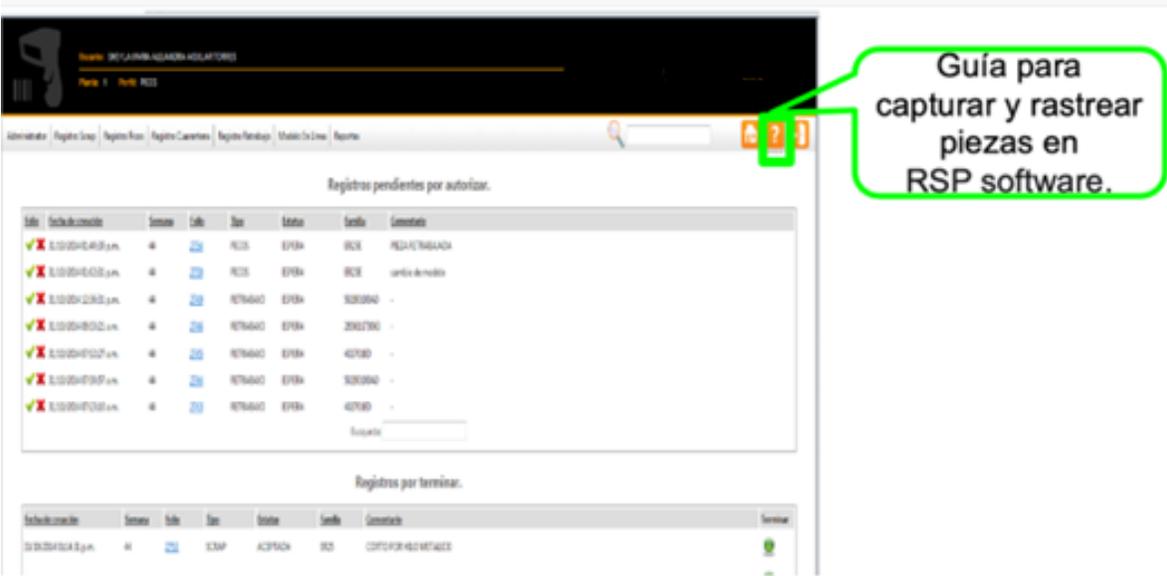


Figura 45, guía de ayuda para capturar y rastrear piezas en software RSP.

El Sistema RSP fue implementado con siete módulos, logrando que el registro del material fuera lo más amigable y confiable, por lo que se implementó un Scanner en cada estación de captura, con la finalidad de hacer el registro de datos de la pieza automáticamente.

La siguiente figura 46, muestra la vista para el registro de Picos y de Scrap “No conforme”, donde se aprecia que los campos marcados con un cuadro verde son cargados automáticamente al escanear la pieza, los rojos son campos obligatorios los cuales tienen información precargada, lo que facilita y estandariza la información. También se implementó un recuadro para poner observaciones, siendo un campo opcional, marcado con un cuadro azul.

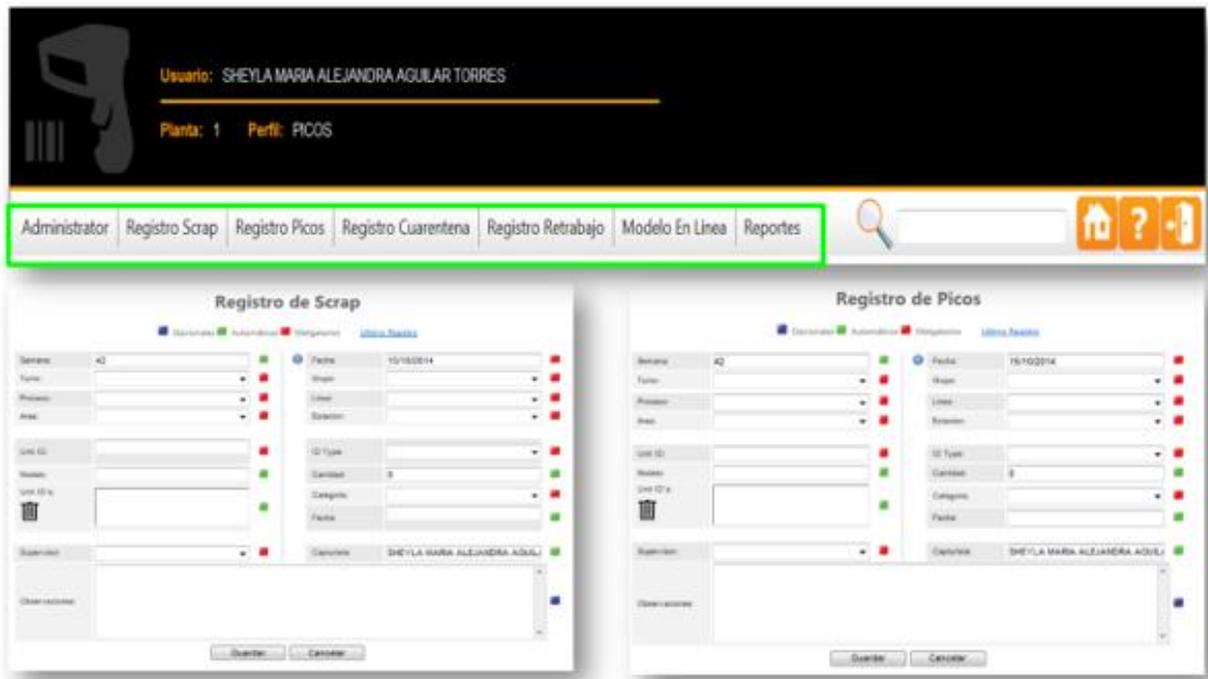


Figura 46, vista de software RSP en las pantallas de registro para Picos y para Scrap.

En la figura 47 se muestra la vista de Reportes generales para reportes y graficos del sistema RSP, el cual es de gran ayuda para análisis de información y toma de decisiones.

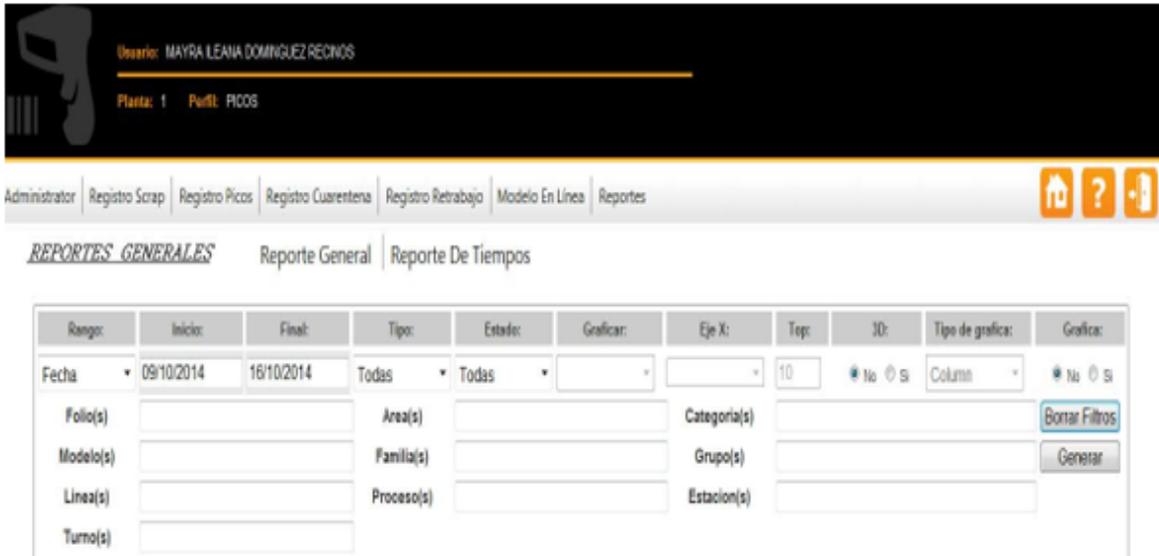


Figura 47, vista para generar reportes y gráficos con datos del sistema RSP.

El uso de ayudas visuales fue de mucho valor en esta implementación, en este caso se implementaron alertas visuales, para notificar al personal de producción que había piezas de picos para los modelos que se encontraban en proceso de producción en el momento, y así mismo el personal de producción no sabía si el material que tenían en picos ya había sido ingresado a la línea, por ello se revisó la posibilidad de crear un aviso en el catálogo de ANDON.

El sistema ANDON, genera avisos visuales y auditivos para eventos de paros por fallas de máquina, mantenimientos planeados y/o control de inventario, en este caso se agregó un módulo al catálogo de fallas, así en caso de que producción no haya recogido sus piezas de picos, para el operador de RSP le resulta más sencillo emitir el aviso de ANDON cada que tenga piezas preparadas para ser incorporadas a su proceso productivo.

En figura 48 se muestra la alerta o señal visual que emite el sistema ANDON para notificar al personal de producción sobre material de Picos para ingresar al proceso productivo.

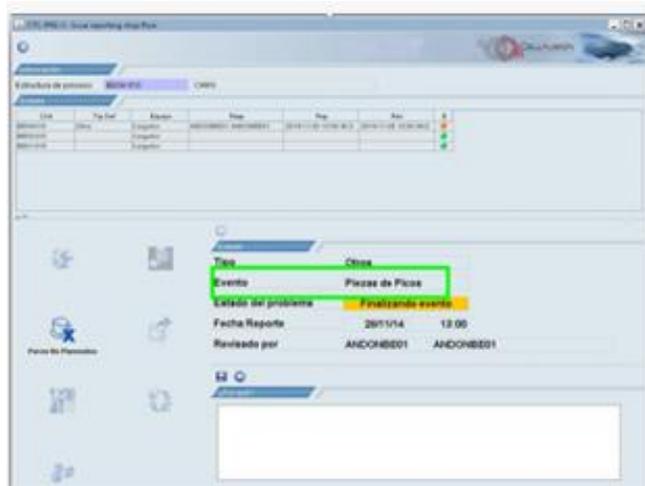


Figura 48, Alerta visuales del sistema ANDON para notificar al personal de producción sobre material de Picos para ingresar al proceso productivo.

Una vez que se empezó a utilizar el sistema, se observó que no era suficiente, pues no había forma de que el planeador de producto, se enterara que tenía material disponible y en el stock de Picos, así programar y enviar al cliente, por lo que se crearon alertas automáticas vía e-mail para poder dar salida más rápido al material rezagado y contribuir a la disminución de stock.

El proceso de alertas funciona de la siguiente manera; Una vez que son ingresadas las piezas a Picos, el sistema jala de MES la fecha en que fue creada la pieza, y partiendo de ahí cuenta 60 días, que son los máximos permitidos para rezagar material, al llegar al día 40 manda una alerta de color amarillo al planeador de producto y/o al responsable de generar el pico almacenado, para así formarlo en el plan de producción y continuar su proceso hasta ser enviado al cliente, si en el transcurso de esos 20 días restantes el material no salió de RSP, entonces se genera una alerta roja que también es enviada por correo pero directamente al responsable y su jefe inmediato, indicando que el material ha caducado y debe enviarse al “no conforme”, siendo éste uno de los métricos más importantes y de los que más se cuidan en planta Cuautla, por ello el crear las alertas como ayuda visual para evitar que el rezago de material se convierta en “no conforme”.

En la siguiente figura 49, se muestran las alertas que son enviadas vía e-mail para evitar el rezago de material, de acuerdo a los candados de trazabilidad para los tiempos de caducidad del material.

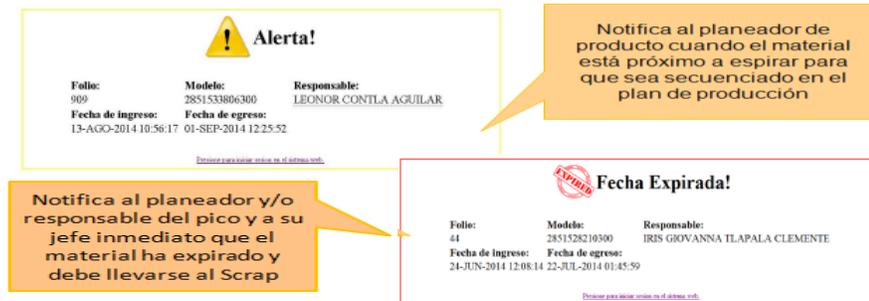


Figura 49, alertas vía e-mail para notificar el material que está a punto de caducar.

Al implementar las alertas, el stock de material rezagado en picos disminuyó significativamente, ya que el seguimiento al material no era sólo por parte del operador que administra el material, si no que, ahora con el nuevo software, el involucramiento del personal responsable o generador fue mayor de lo usual, lo que conllevó a disminuir el espacio ocupado por el área de picos y así poder migrar a la nueva área y como métrico secundario esto ayudó también a bajar los niveles de WIP (Work in process), lo cual también se traduce en dinero y forma parte también de los métricos de planta Cuautla.

En la siguiente figura 50, se muestra la gráfica de la tendencia del inventario de Picos, el Stock promedio semanal era de 1,011 piezas, a partir del uso del software RSP, se inicia la disminución considerablemente.



Figura 50, gráfica de tendencia de inventario piezas Picos semanalmente durante el año.

Una vez teniendo el sistema RSP desarrollado, probado e implementado y capacitado al personal responsable de los procesos que participan, se planea la capacitación de todo el personal de la planta que son usuarios para registrar Picos, material “no conforme” o Retrabajos requeridos.

Son aproximadamente 155 personas entre operadores, técnicos e ingenieros, por lo que se planean capacitaciones simultaneas.

El reto está en abarcar los tres turnos y la disponibilidad del personal de responsable de la producción, por lo que se acordó con los supervisores tiempos convenientes como se muestra en el programa siguiente, figura 51.

Áreas
Producción (jefes de línea y supervisores)
Procesos (ingenieros y técnicos)
Mantenimiento (ingenieros y técnicos)
Pruebas (ingenieros y técnicos)
Control de cambios

Personal total: 155 aprox.

Semana de arranque: WW27

Grupos de 5 personas.

Lugar de capacitación: estación de captura ER100

Training Plan						
GROUPS OF 5						
	schedules	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
1° Shift	8:00 - 8:30	Process	Maintenance	Maintenance		
	8:45 - 9:15	Testing	Testing	Testing	Testing	
	12:00 - 12:30	Production	Production	Production	Maintenance	
	12:45 - 13:15	Testing	Maintenance	Maintenance	Maintenance	
2° Shift	15:15 - 15:45	Testing	Maintenance	Maintenance	Change Control /Testing	
	16:00 - 16:30	Process	Testing	Testing	Testing	
	16:45 - 17:15	Production	Production	Production		

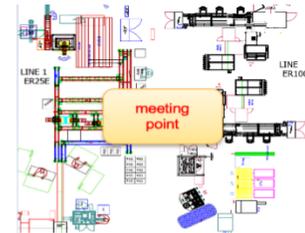


Figura 51, programa de capacitación de Software RSP para personal de la planta.

Para cada capacitación que se da, se generan listas de asistencia, las cuales quedaron como evidencia de ésta.

Las capacitaciones masivas fueron en el área de producción, para poder explicar teoría como por ejemplo los cambios que hubo en los procesos con ayuda del software y también hacer ejercicios prácticos de registro de piezas en sistema RSP usando las estaciones de captura que ya habían sido instaladas en el piso de producción. La figura 52 muestra algunas capacitaciones y resolución de dudas.



Figura 52 Sesiones de capacitación al personal de la planta con el sistema RSP.

En esta etapa de implementación también el cuarto construido RSP fue parte importante para la centralización de las tres áreas, por lo que como se comentó en un principio se consideraron estándares de seguridad y necesidades derivadas del VSM, Value Stream Mapping.

El cuarto nuevo también fue un incentivo para el personal responsable del área ya que cumple con los principios de seguridad, ergonomía y 5's lo cual apoya a un ambiente laboral más seguro, agradable y conveniente para los trabajadores. A continuación la figura 53 muestra fotografías del área RSP y las estaciones de trabajo ya mejoradas y trasladadas a la nueva área:



Figura 53 cuarto construido donde se centralizan los procesos Retrabajo, "no conforme" y Picos.

Las estaciones de trabajo fueron acomodadas de acuerdo con el layout definido y ahora son estaciones con concepto Lean Manufacturing, lo que motivo a los operadores de RSP, figura 54.



Figura 54 Estaciones de trabajo después de la implementación 5's y optimizaciones.

En general estas fueron las implementaciones principales, sin embargo, también se generaron otras actividades y mejoras que fueron detectadas en el mapeo y como parte de la administración del proyecto se generó una lista de “Plan de implementación de mejoras” el cual se muestra con la figura 55.

Optimization of resources in Rework, Scrap & Picos areas FF C&S						
#	Activity	Start	Ende	Status	note	Internal Follow
	Project Charter	ww08	ww08			A. Aguilera / D. Flores
	Value Stream Map (ACTUAL stage) Retrabajo (Lau) Scrap (Simón/ Leo) Picos (Rodo / Ale)				8 de personas en esa área, 1FB3, cargas de trabajo, M2 tiene asignada esa área, gabinetes de principales problemas, modelos que se acumulan -FORMATOS DE SALIDA (papeles, cargas de trabajo, diagramas de flujo)	Equipo
	Mapear cargas de trabajo de las 3 áreas (estado ACTUAL)	ww08	ww08			Equipo
	m2 que se utilizan en las tres áreas + spks, pzas regadas en toda la planta	ww08				Equipo
	Llenar project charter con datos medidos	ww08				Alejandra A.
	Benchmark sistema Picos PT	ww08	ww08		En flow se popondrá sistema con base a nuestras necesidades.	Equipo
	Definir la propuesta con responsable del área (Mayra D.) de picos	ww08				Equipo
	realizar SIPOC con Mayra (picos)					Equipo
	vamos a pedir picos inventario (rotación) info de juntas cuanto se ha tirado por obsoleto en 3				Para hacer el antes y el después del proyecto	
	Considerar que el planeador también interactue con picos rezagados, y puedan ver la cantidad y modelo para negociarlo con los clientes. OBSOLETOS				M. Domínguez	Rodo / Ale
	Definir catálogo de causas de ingresos a picos					M. Domínguez
	Trabajar minuta con G. Gutiérrez					L. Bahera / D. Gutiérrez
	Revisar con finanzas el impacto financiero del proyecto y mejora continua					Alejandra A.
	Define flujo de material obsoleto, cuarentena y la comunicación con planeador y secundario		31-Mar-14		M. Domínguez / Operador	Equipo
	Qué pesará con los picos de SMD		31-Mar-14		M. Domínguez / Operador	Equipo
	Corroborar el aumento de carga de trabajo en área de re trabajo		11-Ago-14		Sin contemplar el re trabajo especializado. Y lavado de PCB	Lau/ Rodo
	Distribuir cargas de trabajo para que queden 2 por turno balanceo de cargas		ww17		Hacer junta para ww17	Equipo
	Carga de trabajo de supervisor de Tivapur		ww16			Lau/ Rodo
	Consiguir layout de la nueva área		ww15			Alejandra A.
	Listado de máquinas, mesas, gabinetes que se utilizarán para el nuevo cuarto RETRABAJO		ww15			Lau
	Listado de máquinas, mesas, gabinetes que se utilizarán para el nuevo cuarto PICOS , SCRAP					Charly
	Trabajar con Gabriel G. nuevo layout de mesas (paper simulation)		miércoles 15 de abril		Preparar información y papeles para la simulación	Alejandra A.
	Seguimiento a Software con Raúl López		miércoles 15 de abril			equipo
	Consultar con jefes de línea y supervisores cuál sería el lugar ideal para registrar sus picos y scrap		ww15		Sugieren estaciones independientes	Lau, Rodo, Simón
	Pedir cotización con Kalle					Ale
	Generar las pantallas que se llenarán para el sistema. [3] y enviar a Raúl		lunes 14			Equipo
	Revisión de los diagramas de flujo					Alejandra
	Revisar con Osorio si tenemos el acceso al código fuente de bd datos de scrap				No lo tenemos. Se generará nuevamente aquí	Charly
	Reubicar mayechi,					Equipo/ Orell
	Reubicar contenedor de Scrap afuera					Equipo
	Medir la mesa de captura de picos					Mayra D
	Definir el shout be con Gabriel G. para la bd de re trabajo					equipo

Figura 55 Plan de implementación de mejoras generado como parte del proyecto RSP.

En la planta también se gestionan las mejoras a través de la metodología Kaizen, donde todos los trabajadores están involucrados en las mejoras y se pueden trabajar los Kaizen en equipos multidisciplinarios para la mejora de procesos en comun. Existe un formato estandarizado el cuál también es digital y através de una plataforma se lleva el seguimiento.

En este proyecto se implementaron 25 ideas Kaizen, los marcados en verde son aprobados y los marcados con amarillo son pendientes de aprobar, figura 56.

Keiz	Estatus	Keizen	Métrica	Integrantes	Registra	Observaciones
39219	Falta que autoricar líder kaizen	concentrar las áreas de scrap, picar, retrabaja en U		Alo/ Simán/Laura/Rada/Mayra	Laura	Falta que Raura autorice la idea para poder implementarla en sistema
39446	Va. Ba. Aprobada	bare de datos picar	inventaria, cartar,	Mayra/Campar/Radi/Laura/Rada/Alo	Alo	Pendiente Va. Ba. De finanzas
39448	Va. Ba. Aprobada	bare de datos retrabaja		Laura/Campar/Radi/Gaba/Rada/Alo	Alo	Falta editar, métricas, evidenciar, Alo o alguna de las integrantes cerrará
39451	Va. Ba. Aprobada	módulo de capturas scrap de proveedor	tiempar, cartar	Mayra/Campar/Radi/Rada/Alo/Laura	Alo	Pendiente Va. Ba. De finanzas
45533	Pendiente por implementar	módulo de captura CUARENTENA	inventaria, cartar, retrabaja	Mayra/Alo/Hirir/Loa/Rada/Radi	Mayra	Falta capacitar a las supervisoras y jefes de línea, empezar a utilizarla para obtener evidenciar, editar
45534	Pendiente por implementar	módulo de captura MODELO EN LÍNEA	diferenciar, tiempar, cartar, inventaria	Alo/ Mayra/Loa/Hirir/Radi/Roberta García	Mayra	Falta capacitar a las supervisoras y jefes de línea, empezar a utilizarla para obtener evidenciar, editar
45535	Implementada	módulo de REPORTES	cartar, tiempar, organograma	Alo/ Mayra/Radi/Rada/Campar/Simán	Mayra	Falta Va. Ba. De Lala
39526	Va. Ba. Aprobada	reporte de tiempo en que el supervisor va para preparar piezas	cartar	Carla/Varqar/Mirael/ Mayra/Radi/Hirir/Loa	Mayra	Pendiente el Va. Ba. De finanzas
39527	Va. Ba. Aprobada	reporte de tiempo en que el operador de picar prepara el material para ser procesado en línea	cartar	Carla/Varqar/Mirael/ Mayra/Radi/Hirir/Loa	Mayra	Pendiente el Va. Ba. De finanzas
39528	Va. Ba. Aprobada	Alertar para las planeadoras	tiempar, inventaria, cartar	Alo/Campar/Loa/Hirir/Radi/Mayra	Mayra	Pendiente Va. Ba. De finanzas
39529	Pendiente por implementar	andan de picar	tiempar, diferenciar, inventaria	Alo/Mirael/Hirir/Loa/Carla/Varqar/Mayra	Mayra	Falta que se migre toda al cuartito, capacitar a las 3 turnos (supervisoras, jefe de línea y operador de RSP), mantener una vez que se empiece a utilizar para editar métrica y evidenciar
39530	Implementada	Alertar para las que requieren picar	cartar, tiempar, inventaria	Campar/Alo/Loa/Hirir/Mayra/Radi	Mayra	Falta Va. Ba. De Lala
39531	Pendiente por implementar	Alertar para las que requieren cuarentena	cartar, tiempar, inventaria	Alo/Loa/Hirir/Radi/Simán/Mayra	Mayra	Falta empezar a usar toda la modular de RSP, capacitar al personal que hace falta (captura de cuarentena) para poder monitorear y obtener evidenciar, editar kaizen (métrica, evidenciar, etc), hacer ahora una habilitación en cuarentena
45199	Implementada	Módulo para bloquear módulos abultar	cartar, tiempar, inventaria	Campar/Loa/Hirir/Mirael/Radi/Mayra	Mayra	Falta Va. Ba. De Lala
45201	Implementada	condado para no permitir capturar módulos expirados en MES	retrabaja	Loa/Hirir/Radi/Mirael/Simán/Mayra	Mayra	Falta Va. Ba. De Lala
45576	Implementada	condado-alerta que indique cuando la pieza ya fue capturada antes	retrabaja	Radi/Campar/Alo/Mayra/Laura/Gabriel	Mayra	Falta Va. Ba. De Lala
47299	Pendiente por suarizar (líder kaizen)	Reporte de cantidad de tanta fallar como piezas	cartar, retrabaja	Mayra/Radi/Loa/Hirir/Alo	Mayra	Ya está todo para implementarlo, en cuanto el líder kaizen lo
47432	Pendiente por suarizar (líder kaizen)	Módulo de Id Type	cartar, retrabaja	Mayra/Radi/Loa/Hirir/Alo	Mayra	Ya está todo para implementarlo, en cuanto el líder kaizen lo
40541	Va. Ba. Aprobada	Recarte de Mesa 2 (Silgal)	Espacia, Resistencia	Alo/Mique/Marca/Gaba/Simán/Rada	Laura	Métrica y evidenciar a agregar, cierre de Kaizen en Laura
40542	Va. Ba. Aprobada	Recarte de Mesa 4 (Rozartar)	Espacia, Resistencia	Alo/Mique/Marca/Gaba/Loa/Rada	Laura	Métrica y evidenciar a agregar, cierre de Kaizen en Laura
40543	Va. Ba. Aprobada	Recarte de Mesa 6 (Retrabaja Final)	Espacia, Resistencia	Alo/Mique/Marca/Gaba/Loa/Simán	Laura	Métrica y evidenciar a agregar, cierre de Kaizen en Laura

Figura 56 Listado de Kaizen generados por el proyecto RSP.

En Anexos se presenta el detalle de cada Kaizen en su formato estandar.

3.4.- Estandarización, Fase Perfection:

En esta fase de trabajo con la creación de estándares, documentación de lo establecido y validación del impacto financiero por el departamento de Finanzas.

Como parte de la metodología se requieren que las medidas de mejora sean sostenibles con el tiempo y así lograr los objetivos del proyecto y a su vez el impacto financiero, por lo que se crearon las actualizaciones en las hojas de trabajo

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

El presente proyecto fue desarrollado y concluido exitosamente, se pudo demostrar que la metodología Lean Manufacturing y sus herramientas de mejora continua son efectivas para lograr los objetivos establecidos.

Las 4 etapas de la metodología de Lean Manufacturing que fueron utilizadas y demostradas de manera exitosa.

- Fase de diagnóstico.
- Fase de determinación del estado futuro.
- Fase de implantación.
- Mejora Continua.

Se logró el objetivo general planteado al inicio, el espacio inicial utilizado por las tres áreas (No conforme, Retrabajo y Picos) era de 90.05 m² y el espacio final después de las optimizaciones del proyecto es de 22.95 m², logrando así una optimización del 74 % del espacio en metros cuadrados, en figura 65 se aprecia la comparativa.

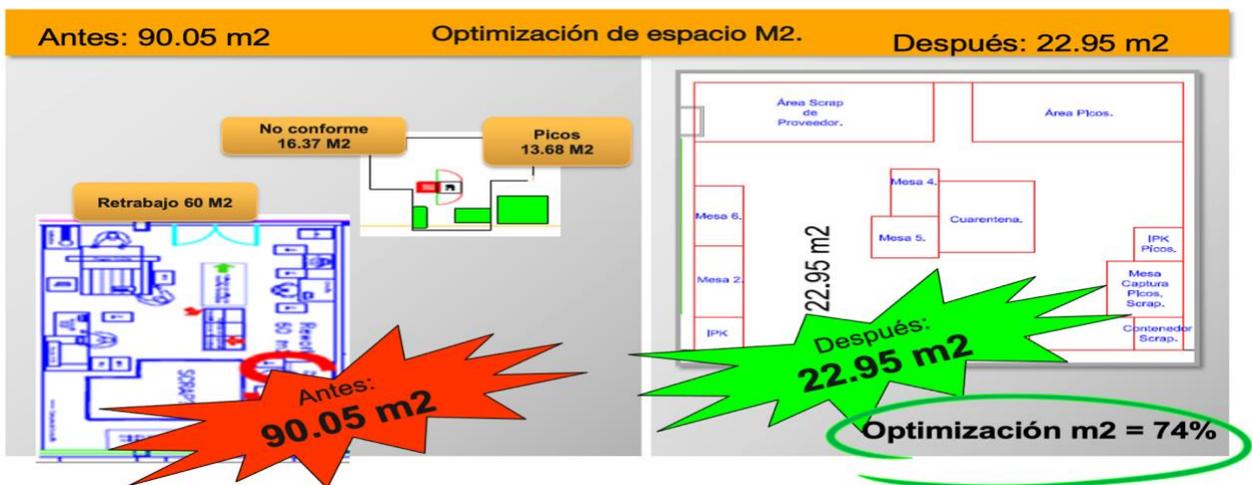


Figura 59 Antes y después de las optimizaciones e implementaciones referentes a espacio en metros cuadrados.

La optimización de mano de obra también fue un objetivo alcanzado, a través del uso de herramientas como balanceo de cargas de trabajo, optimización y estandarización de los procesos en las tres áreas, además se diseñaron áreas de trabajo con principios de Lean Manufacturing, lográndose una optimización del número de trabajadores, los 4 operadores que no fueron incluidos en el nuevo diseño serán reubicados a las nuevas líneas productivas. A continuación, la comparativa en figura 60.

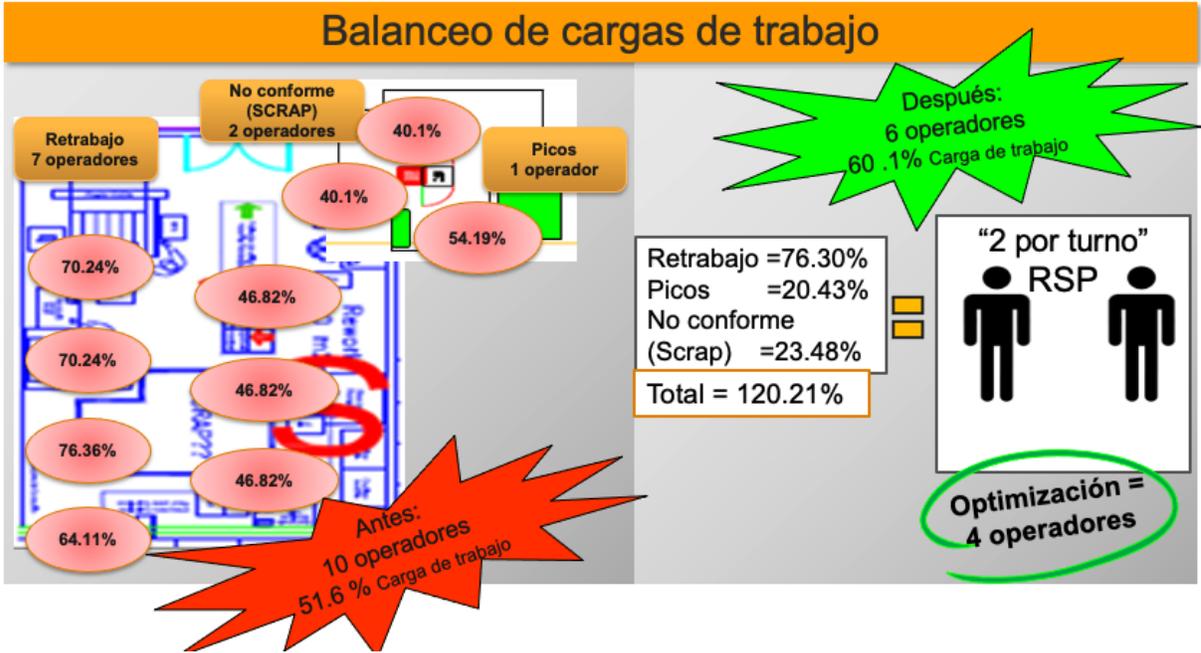


Figura 60 Antes y después del balanceo de cargas de trabajo.

La reducción del inventario WIP en un 20%, también fue logrado, incluso superado. El inventario promedio antes de las implementaciones de mejora estaba en 1,011 piezas semanales, y después de la implementación del software RSP, procesos mejorados y las alertas a planeadores de producto, redujo a 614 piezas por semana. Lo que resultó en una reducción del 40% de inventario WIP, véase gráfica con tendencia semanal en figura 61.

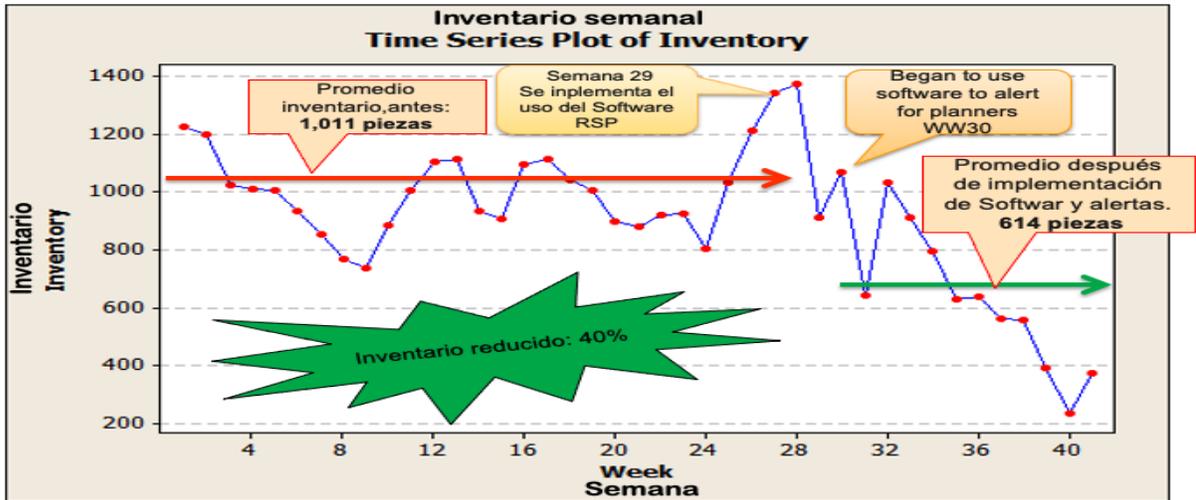


Figura 61 Gráfico con tendencia semanal de inventario, WIP

Los objetivos específicos fueron alcanzados, se analizaron los procesos de las tres áreas a través de mapeos de flujo de valor, VSM, además de trabajar con el balanceo de cargas de trabajo a través del análisis de actividades que agregan y no agregan valor. También se utilizó el análisis de diagrama de espagueti y simulación en papel para definir el layout del área final que concentra las tres áreas. Las evidencias en la figura 62.

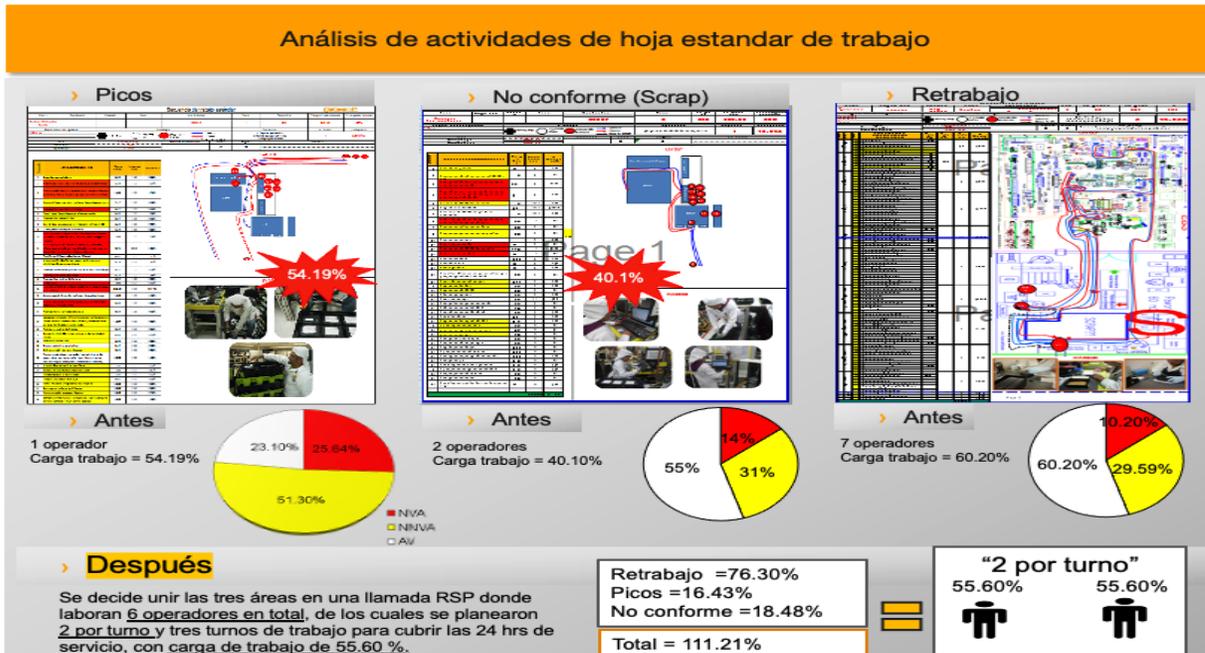
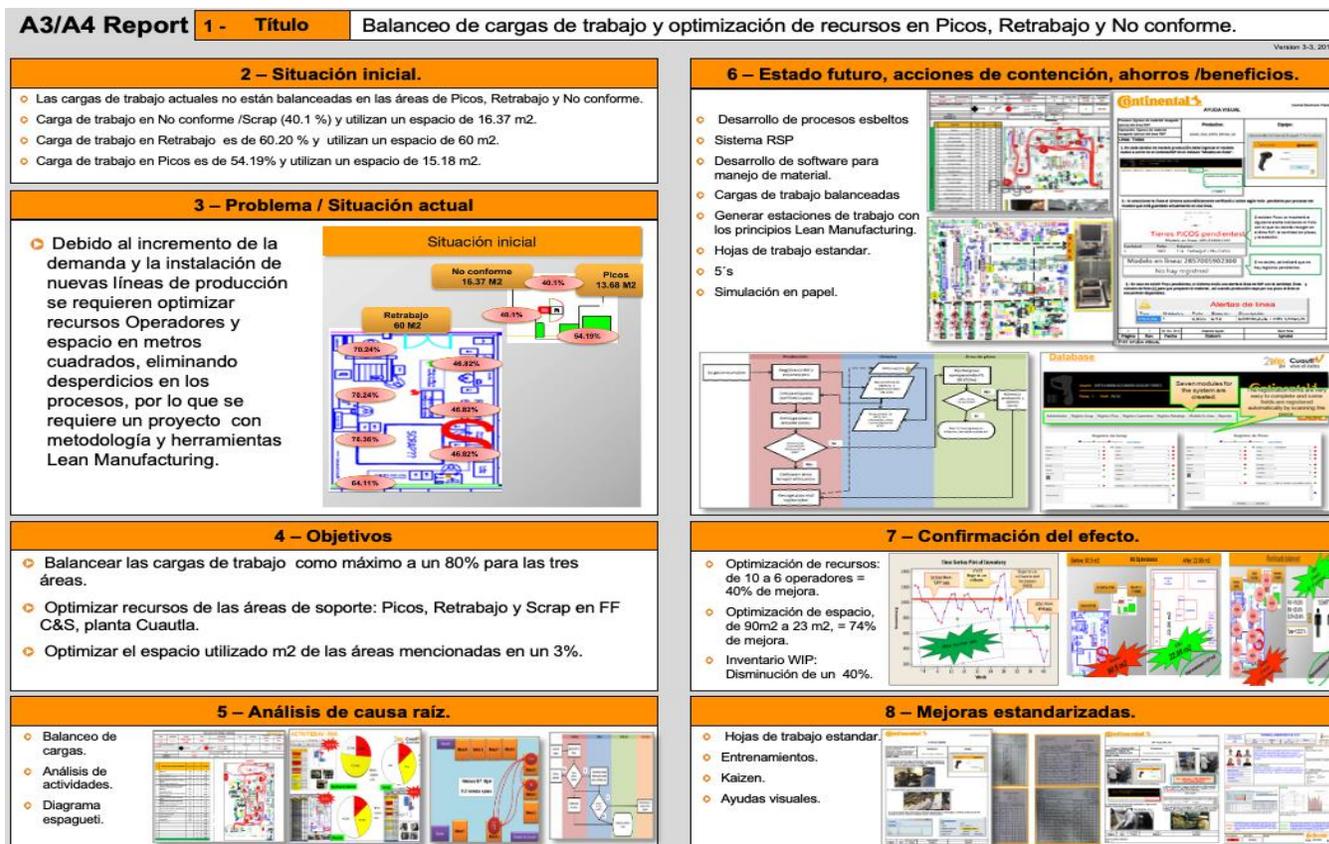


Figura 62 Comparativa de objetivos específicos, antes y después de las mejoras implementadas.

Como parte del procedimiento de aprobación y cierre de proyectos, se requiere una validación financiera por parte del departamento de Contraloría / Finanzas y se preparó un reporte estándar llamado A3 Reporte que es como un resumen del proyecto, situación inicial, problemática, objetivos, análisis de causa raíz, estado futuro, optimizaciones y/o beneficios, figura 63.



Resultados - KPI	
Balanceo de cargas (mano de obra)	40%
Optimización de espacio M2	74%
Inventario WIP	39%

Figura 63 Reporte A3 del proyecto implementado.

En la siguiente figura 64, se observa la validación financiera del proyecto, por parte del departamento de Finanzas, donde se demuestra que con la implementación del proyecto la compañía logró un ahorro anual de **\$ 680,635 Mxn.**

Financial Validation

Project Data						
Project Name		Optimizing resources at areas that not add value to ECU (rework, scrap and backward material) at FF VED (Cuautla Plant)				
Project Team		Alejandra Aguilar, Francisco Anzures, David Pérez				
Area: VED		Line: All		Station: Scrap / Rework / backward		
Improvevent date:		jul-14				
ANUAL SAVINGS FORECAST						
Concept	F / V	Amount in MXN		Amount in FIR		
LDC	Var	\$	375,252.77	\$23,453.30	Cost Avoidance	
PEPR	Fix	\$	305,382.05	\$19,086.38	Hard	
Annual Forecasted Saving		\$		680,635	\$42,540	
ACTUAL SAVINGS						
Report Period						
Start	jul-14					
End	jun-15					
Period	Month	Amount in MXN				
		LDC	PEPR	-	Total	Acum.
1	jul-14	\$ 31,271	\$ 305,382		\$ 336,653	\$ 336,653
2	ago-14	\$ 31,271			\$ 31,271	\$ 367,924
3	sep-14	\$ 31,271			\$ 31,271	\$ 399,195
4	oct-14	\$ 31,271			\$ 31,271	\$ 430,466
5	nov-14	\$ 31,271			\$ 31,271	\$ 461,737
6	dic-14				\$ -	\$ 461,737
7	ene-15				\$ -	\$ 461,737
8	feb-15				\$ -	\$ 461,737
9	mar-15				\$ -	\$ 461,737
10	abr-15				\$ -	\$ 461,737
11	may-15				\$ -	\$ 461,737
12	jun-15				\$ -	\$ 461,737
Actual Saving					\$ 461,737.37	

Formato SGC: F503

Figura 64 Reporte de Validación financiera.

CONCLUSIONES

Se concluye que el uso de la metodología Lean Manufacturing / Manufactura Esbelta, es altamente efectiva para eliminar y/o disminuir desperdicios en los procesos productivos y no productivos, siendo así una ventaja competitiva para la compañía con procesos enfocados al valor agregado.

La Mejora Continua es clave para el éxito y sustentabilidad de las compañías, haciendo sus productos o “servicios” rentables y competitivos.

Otra ventaja de tener procesos esbeltos radica en que también tiene beneficios suaves, es decir; genera bienestar y satisfacción a los trabajadores ya que, al tener procesos, actividades y estaciones de trabajo optimizadas, sin desperdicios, da una sensación de mayor productividad sin agotamiento por pérdida de tiempo o desperdicios en general.

La implementación adecuada de cada estrategia en su momento del tiempo trae mejoras en los procesos, se insiste en que no es una regla, es una manera de pensar que compete a todas las áreas de la empresa.

La mayoría de las estrategias del Lean Manufacturing bien definidas, representan bajos costos en su implementación y sus mejoras contundentes en el proceso.

En conclusión, Lean Manufacturing es un proceso que las empresas continuarán utilizando en el futuro. Al reducir el desperdicio y maximizar el valor para el cliente, tanto los consumidores como las empresas pueden beneficiarse ampliamente de su implementación

Referencias Bibliográficas

- How to implement lean manufacturing, Lonnie Wilson.
- BMGI Problem Solved “Programa de certificación internacional en Lean y Sixs Sigma, [2014].
- The lean, six sigma pockey, tool book, Michael L. George, David Rowlands, Mark Price, John Maxey.
- Menéndez, Gregorio. “Los 7 mudas: ¿Sabes cuáles son los 7 desperdicios de las empresas” [en línea] [Consulta en mayo 2022] Disponible en: <https://prevenblog.com/las-7-mudas/>
- Hernández Matías, Juan Carlos. VizánIldoipe, Antonio. “Lean Manufacturing, Conceptos técnicas e implementación”. [en línea] [Consulta en mayo 2022] Disponible en: https://www.slideshare.net/slides_eoi/lean-manufacturing-conceptos-tnicas-e-implantacin
- Neira Isaza Juan Carlos, “Las 3 Mu’s: Muda, Mura, Muri “. [en línea] [Consulta en mayo 2022] Disponible en: <https://clockwork.com.co/las-3-mus-muda-mura-muri/>
- Ortiz, C. A. (2019). The cell manufacturing playbook the cell manufacturing playbook: A step-by-step guideline for the lean practitioner. CRC Press.
- Socconini, L. (2021). Lean Six Sigma Green Belt. Manual de certificación. Marge Books.
- Villamarín, Guillermo “Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing” [en línea] [Consulta Junio202] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321351203_Modelo_metodologico_de_implementation_de_lean_manufacturing

ANEXOS

1.- Ayudas visuales

Diseñados para los operadores que trabajan directamente con los nuevos procesos de RSP.

Central Electrónica Planta

AYUDA VISUAL

Proceso: Egreso de material recogido (pizas) del área RSP Operación: Egreso de material recogido (pizas) del área RSP Línea: Todas	Productos: E00E, E0X, E0T0, E0T00, CE	Equipo: Alimentador De Material Recogido T No Confirma										
1.- En cada cambio de modelo producción debe ingresar el modelo nuevo a correr en el sistema RSP en el módulo "Modelo en línea".												
2.- Al seleccionar la línea el sistema automáticamente verificará si existe algún folio pendiente por procesar del modelo que está guardado actualmente en esa línea.												
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="color: red; font-weight: bold;">Tienes PICOS pendientes!</p> <p>Modelo en línea: 2851546003300</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad</th> <th>Folio</th> <th>Estación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3850</td> <td>1018 / PUNTAQUE / PIN CHUCK</td> </tr> </tbody> </table> <p>Modelo en línea: 2857005902300</p> <p>No hay registros!</p> </div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; font-size: small;"> <p>Si existen Picos se mostrará la siguiente alerta indicando el Folio con el que los deberá recoger en el área RSP, la cantidad de pizas, y la estación.</p> <p>Si no existe, se indicará que no hay registros pendientes.</p> </div> </div>			Cantidad	Folio	Estación	1	3850	1018 / PUNTAQUE / PIN CHUCK				
Cantidad	Folio	Estación										
1	3850	1018 / PUNTAQUE / PIN CHUCK										
3.- En caso de existir Picos pendientes, el sistema envía una alerta al área de RSP con la cantidad, línea y número de folio (s) para que preparen el material, así cuando producción vaya por sus picos al área se encuentren disponibles.												
<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="color: red; font-weight: bold; text-align: center;">Alertas de línea</p> <table border="1" style="width: 100%; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Unidades</th> <th>Folio</th> <th>Estación</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">PICO</td> <td>1</td> <td>3850</td> <td>1018</td> <td>1018PUNTAQUE / PIN CHUCK</td> </tr> </tbody> </table> </div>			Tipo	Unidades	Folio	Estación	Descripción	PICO	1	3850	1018	1018PUNTAQUE / PIN CHUCK
Tipo	Unidades	Folio	Estación	Descripción								
PICO	1	3850	1018	1018PUNTAQUE / PIN CHUCK								
1	1	25 Nov 2014	Rafaela Aguirre	David Pérez								
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó								

F157 AYUDA VISUAL

Central Electrónica Planta

AYUDA VISUAL

Proceso: Egreso de material recogido (pizas) del área RSP Operación: Egreso de material recogido (pizas) del área RSP Línea: Todas	Productos: E00E, E0X, E0T0, E0T00, CE	Equipo: Alimentador De Material Recogido T No Confirma								
4.- Producción deberá dirigirse al área RSP a recoger el material con el número de folio. El personal de RSP deberá entregar el material a producción y dar egreso a los folios entregados.										
5.- Producción deberá ingresar los picos de PICOS al proceso correspondiente.										
6.- En caso de que hayan transcurrido 15 minutos y producción no ha recogido su material, el personal de RSP enviará una alerta a través de ANDON a la línea correspondiente.										
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; font-size: x-small;"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Problema</th> <th>Estado</th> <th>Fecha Reporte</th> <th>Revisado por</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; font-size: x-small;"> <p>Alerta de línea</p> <p>Tipo: OTRAS</p> <p>Cuenta: PIZAS DE PICO</p> <p>Código del problema: 700000010000</p> <p>Fecha Reporte: 28/11/14 12:07</p> <p>Revisado por: AIGUIRRE / AIGUIRRE</p> </div> </div>			Problema	Estado	Fecha Reporte	Revisado por
Problema	Estado	Fecha Reporte	Revisado por							
...							
1	1	25 Nov 2014	Rafaela Aguirre	David Pérez						
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó						

F157 AYUDA VISUAL

Central Electronica Planta

AYUDA VISUAL

Proceso: Sistema RSP	Productos:	Equipo:	
Operación: Captura de retrabajo en sistema RSP	ER002,ER03,ER100,ER70,CE		
Línea: Todas			

- 1.- Entra a la Base de datos de RSP. Coloca su número de familia y contraseña de usuarios.
- 2.- Dentro del sistema, selecciona el modulo Retrabajo.

No capturar "RETRABAJO ESPECIALIZADO"
- 3.- Llena todos los campos mostrados en el formulario, de lo contrario no podrás ingresar el registro, de esto es: guardar y se genera un No. de folio.

login a http
- 4.- Escribe el No. de folio en su etiqueta, Paga en (Mx) pieza y lleva al área de RSP.

FOLIO: 62
- 5.- Los operadores encargados de RSP revisan los datos de folio, y dan aviso si todo se encuentra bien, en caso contrario se rechaza el folio para su edición en sistema.

1	1.0	02/12/2014	L. Salas	C. Campos
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó

F197 AYUDA VISUAL
Rev. 1.1

Central Electronica Planta

AYUDA VISUAL

Proceso: Sistema RSP	Productos:	Área de RSP
Operación: Entra la materia re-trabajada	ER002,ER03,ER100,ER70,CE	Administrador De Material Re-trabajado Y No Controlado
Línea: Todas		

- 1.- Se realiza retrabajo de la pieza.
- 2.- Ingresar a la interfaz del sistema ANDON y seleccionar la línea a la que corresponde el material.
- 3.- Elige "Pieza No Planificada"
- 4.- Elige la opción "Otro"
- 5.- Elige "Piezas de Pieza"
- 6.- El personal de producción al recibir el ANDON se trasladará al área de RSP, para que se le entregue el material re-trabajado.
- 7.- Desactivar ANDON una vez entregada la pieza, en la interfaz del sistema ANDON, escribir comentario y dar clic en el botón "Terminar" (símbolo machete) y seleccionar "OK".
- 8.- Terminar pieza: en el sistema de RSP utiliza el retrabajo entregado de acuerdo al folio, da clic en el botón "Terminar" (símbolo machete) y seleccionar "OK".

1	1.0	02/12/2014	L. Salas	C. Campos
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó

F197 AYUDA VISUAL

Central Electronica Planta

AYUDA VISUAL

Proceso: Sistema RSP	Productos:	Equipo:	
Operación: Registro de una pieza de Pieza	ER002,ER03,ER100,ER70,CE		
Línea: Todas			

- 1.- Se genera una pieza de pieza
- 2.- Entra al sistema de RSP
- 3.- Coloca su número de familia y contraseña
- 4.- Captura pieza de pieza en sistema RSP
- 5.- Llena datos generales de formulario (Fecha, Línea)

1/5	1.1	02/12/2014	L. Salas	C. Campos
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó

F197 AYUDA VISUAL
Rev. 1.1

Central Electronica Planta

AYUDA VISUAL

Proceso: Sistema RSP	Productos:	Equipo:
Operación: Registro de una pieza de Pieza	ER002,ER03,ER100,ER70,CE	
Línea: Todas		

- 1.- Se genera una pieza de pieza
- 2.- Entra al sistema de RSP y termina de llenar formulario.
- 3.- Sistema genera un número de folio
- 4.- Escribe número de folio en etiqueta color amarillo
- 5.- Paga etiqueta a la pieza
- 6.- Entrega pieza en área de RSP

2/5	1.1	02/12/2014	L. Salas	C. Campos
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó

F197 AYUDA VISUAL

Proceso: Sistema RSP
Operación: Registro de una pieza de Pico
Línea: Todas

Producto: ER00A, ER05, ER70, ER100, CE

Equipo: 

11.- Área de RSP recibe pieza 

12.- Entra a sistema, verifica la información y se le confirma "Acepte la alerta". 

13.- Si la información es incorrecta "Rechaza la alerta" y notifica a producción que el folio debe ser editado. 

14.- Recorrea pieza en línea asignada la pieza 

1	1	09/12/2014	L. Benito	C. Campa
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó

F197 AYUDA VISUAL

Proceso: Sistema RSP
Operación: Registro de Scrap de proveedor RSP
Línea: Todas

Producto: ER00A, ER05, ER70, ER100, CE

Equipo: 

1.- Cuando se genera una pieza con un defecto atribuible a proveedor, el área donde se genera debe de capturar en el sistema RSP en el módulo de Registro Scrap.

2.- Se abre un formulario el cual debe de ser llenado con los datos requeridos. Al finalizar dar click en Guardar.

3.- El sistema por default crea un folio el cual debe ser anotado en la etiqueta de identificación y esta etiqueta colocarla a cada una de las piezas a entregar.

Registro de Scrap

En el campo de Unit ID se debe de escanear el serial de la pieza, y seleccionar el ID Type del estatus de la pieza. Automáticamente buscará el modelo al cual pertenece ese Unit ID. En caso de tener más de una pieza se pueden escanear los Unit ID de esas

FOLIO: 4041

1	1	09/12/2014	C. Campa	C. Campa
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó

F197 AYUDA VISUAL Rev. 1.1

Proceso: Sistema RSP
Operación: Registro de Scrap de proveedor RSP
Línea: Todas

Producto: ER00A, ER05, ER70, ER100, CE

Equipo: 

4.- El responsable del área donde se genera la pieza debe de llevar la pieza al área de RSP y entregársela al responsable de la misma. 

5.- El sistema genera una alerta de registro pendiente por autorizar por gente de RSP. Deben de dar click

Registros pendientes por autorizar:

Unit ID	Modelo	Serial	Linea	Estado	Fecha	Operario
00111111111111111111	ER05	00000	ER05	Rechazado	09/12/2014	luis.campa
00111111111111111111	ER05	00000	ER05	Rechazado	09/12/2014	luis.campa
00111111111111111111	ER05	00000	ER05	Rechazado	09/12/2014	luis.campa
00111111111111111111	ER05	00000	ER05	Rechazado	09/12/2014	luis.campa
00111111111111111111	ER05	00000	ER05	Rechazado	09/12/2014	luis.campa
00111111111111111111	ER05	00000	ER05	Rechazado	09/12/2014	luis.campa

6.- El integrante de RSP tiene que corroborar la información y en caso de estar bien dar click en Aceptar y en caso contrario dar click en Rechazar.

FOLIO: 4057

1	1	09/12/2014	C. Campa	C. Campa
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó

F197 AYUDA VISUAL

Proceso: Sistema RSP
Operación: Registro de Scrap de proveedor RSP
Línea: Todas

Producto: ER00A, ER05, ER70, ER100, CE

Equipo: 

7.- En caso de rechazar el folio la gente de RSP, el responsable tiene la opción de editar su formato y seguir el mismo procedimiento.

8.- En caso de aceptar la pieza la gente de RSP es responsable de almacenarla en el área designada para ello en el cuarto de RSP.

1	1	09/12/2014	C. Campa	C. Campa
Página	Rev.	Fecha	Elaboró	Aprobó

F197 AYUDA VISUAL

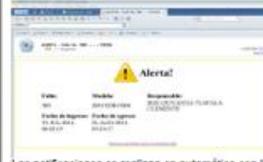
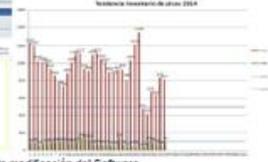
2.- Kaizen de mejora continua

Durante el proyecto se realizaron muchas mejoras, que fueron implementadas a través de Kaizen, los cuales, el equipo se encargó de registrarlo en el sistema de la compañía para dar seguimiento de manera estándar.

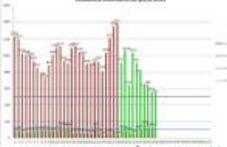
APROBADO POR: ADILCE IVONNE SOTO ORTIZ		SOFTWARE ADMINISTRADOR DE PICOS				 ¿Material de Reuso? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO
Área	Territorio	Línea	Máquina			
OFICINAS	ABS	1, 3, 4, 5, 103, 107				
PROBLEMA: Actualmente se utilizan hojas de excel para administrar pzas de picos. Además de que la falta de un sistema de administración (base de datos) nos lleva a consultar 3 diferentes bases de datos (igate, base de datos del área de picos, cell fusion y call off) para después introducir esa información en excel y así poder administrar sus pzas e información.		SOLUCIÓN KAIZEN: Desarrollar un sistema (software) para administrar las pzas e información del área de picos, eliminando las consultas en las 3 diferentes bases de datos que actualmente se realizan, facilitando así el trabajo y obtener una mejor trazabilidad de nuestras pzas.		MÉTRICO: Costos, Retrabajo, Inventario		
ANTES:  Antes el operador usaba varias bases de datos y archivos para poder capturar pieza por pieza		DESPUÉS:  ahora sólo utiliza una base de datos que está ligada a MES (i-Gate) para la captura, misma en la que puede realizar capturas masivas		¿CÓMO MANTENER TU KAIZEN?: Otro: Software en Intranet		
MÉTRICO ANTES: \$15,000.00 base de datos con proveedor para la administración de picos sin liga a MES (i-Gate) Se realizaban 9 actividades que no agregan valor y que consumían 102.14 min. por turno, con un porcentaje de ocupación de 25.94% de su carga de trabajo 939 piezas en promedio, monto equivalente (\$ 262,191), periodo de tiempo (8 semanas)		MÉTRICO DESPUÉS: \$0.00 la base de datos para administrar picos, se realizó por personal de mantenimiento a MES (i-Gate) sin costo alguno Con esta mejora obtuvimos un ahorro de \$15,000.00 MXN Actualmente ya no se realizan las actividades que no agregan valor 799 piezas en promedio, monto equivalente (\$ 223,100), periodo de tiempo (8 semanas), se redujo un 14.9% de inventario equivalente a \$ 39,051		CAPACITACIÓN: <input type="checkbox"/> SI Turno 1 <input type="checkbox"/> SI Turno 2 <input type="checkbox"/> SI Turno 3		
No. de sugerencia: 39446		Status Vo.Bo.: Aprobada		Mensaje:		Fecha: 2014-05-21 F452

APROBADO POR: ADILCE IVONNE SOTO ORTIZ		SOFTWARE ADMINISTRADOR DE RETRABAJO				 ¿Material de Reuso? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO
Área	Territorio	Línea	Máquina			
OFICINAS	ABS	TODAS	CAPTURA RETRABAJO			
PROBLEMA: Actualmente se utilizan hojas de excel para administrar pzas de retrabajo. Además de que la falta de un sistema de administración (base de datos), con esto lo que se genera es que el operador pierda tiempo en llenar una base diaria por turno generando tiempo muerto y retrabajo de información.		SOLUCIÓN KAIZEN: Desarrollar un sistema (software) para administrar las pzas e información del área de retrabajo, donde se elimine el tiempo y esto ayude a tener una mejor trazabilidad de las piezas y eliminar el retrabajo de la información. Replica Kaizen 39446.		MÉTRICO: Tiempos, Headcount, Métrico Manual: Carga de trabajo, Costos		
ANTES:  Los operadores llenaban un archivo de excel por día y por turno ocasionando mucha pérdida de tiempo.		DESPUÉS:  Se tiene un software amigable que guarda la información sin que el operador tenga que estar retransmitiendo información.		¿CÓMO MANTENER TU KAIZEN?: Otro: Software		
MÉTRICO ANTES: 3 minutos para llenar formato y registrar pieza en sistema 20 veces al turno = 1 hora 8 personas atendiendo el área de retrabajo. Carga de trabajo 43% para un operador y para otro 74.06%, no balanceada. \$15,000.00 Costo de Software con proveedor.		MÉTRICO DESPUÉS: 1 minutos para aceptar pieza en sistema registrar pieza en sistema 10 veces al turno = 10 minutos, ahorro = 50 minutos 9 personas atendiendo el área de retrabajo. Carga de trabajo 50% para cada operador, haciendo más actividades = Carga de trabajo balanceada. \$0.00 Programa realizado en Continental. Con esta mejora obtuvimos un ahorro de: \$15,000.00 MXN		CAPACITACIÓN: <input type="checkbox"/> SI Turno 1 <input type="checkbox"/> SI Turno 2 <input type="checkbox"/> SI Turno 3		
No. de sugerencia: 39449		Status Vo.Bo.: Aprobada		Mensaje:		Fecha: 2014-08-15 F452

APROBADO POR: ADILCE IVONNE SOTO ORTIZ		MÓDULO DE CAPTURA PARA SCRAP DE PROVEEDOR				 ¿Material de Reuso? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
Área OFICINAS		Territorio ABS		Línea Todas		Máquina ...	
PROBLEMA: Actualmente se utilizan hojas de excel para administrar pzas de scrap de proveedor, por lo cual corremos el riesgo de perder la información y de no llevar un seguimiento preciso de las pzas.				MÉTRICO: Costos, Tiempos			
SOLUCIÓN KAIZEN: Desarrollar un módulo de captura para scrap de proveedor en el sistema RSP para administrar las pzas e información y tener una mejor trazabilidad de nuestras pzas, eliminando los archivos de excel				¿CÓMO MANTENER TU KAIZEN?: Otro: Software en intranet			
CAPACITACIÓN: <input type="checkbox"/> SI Turno 1 <input type="checkbox"/> SI Turno 2 <input type="checkbox"/> SI Turno 3							
ANTES:  				DESPUÉS: 			
MÉTRICO ANTES: \$15,000.00 Costo del módulo de captura con proveedor sin tener liga a MES Cantidad de tiempo (137 minutos), diario		MÉTRICO DESPUÉS: \$0.00 El módulo de captura fué creado por el personal de IT, por lo que no tuvo costo alguno, además de que está ligado a MES Con esta mejora obtuvimos un ahorro de: \$15,000.00 MXN Cantidad de tiempo (0 minutos), se elimina el 14% de ocupación en actividades que no agregan valor					
No. de sugerencia: 39451		Status Vo.Bo.: Aprobada		Mensaje:		Fecha: 2014-08-15 F452	

APROBADO POR: CARLOS VARGAS MEJIA		ELIMINACIÓN DE ACTIVIDADES PARA ALERTAR MODELOS PRÓXIMOS A EXPIRAR				 ¿Material de Reuso? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
Área ABS1		Territorio KITTING ROOM C&S		Línea todas		Máquina ...	
PROBLEMA: Se pierde tiempo en estar contactando y poder entrar a los planeadores cuando algún modelo está próximo a vencer su vigencia, o no tiene demanda				MÉTRICO: Tiempos, Inventario			
SOLUCIÓN KAIZEN: Que las alertas que ya existen en el sistema RSP para material próximo a expirar en MES, sean direccionadas también a los planeadores, para que los puedan formar en el plan de producción antes de volverse scrap.				¿CÓMO MANTENER TU KAIZEN?: Otro: Modificación en software			
CAPACITACIÓN: <input type="checkbox"/> SI Turno 1 <input type="checkbox"/> NA Turno 2 <input type="checkbox"/> NA Turno 3							
ANTES:  				DESPUÉS:   <p>Las notificaciones se realizan en automático con la modificación del Software</p>			
MÉTRICO ANTES: Anteriormente el operador de picos dedicaba 1 hora cada tercer día para traspalear el material y revisar los modelos que en MES estaban próximos a vencer su vigencia, una ves teniendo el concentrado, buscaba quien era el planeador de producto para cada modelo y así poderle mandar el correo avisando del material próximo a vencer su vigencia 500 piezas en promedio, monto equivalente (\$ 243,537), periodo de tiempo (3 semanas)		MÉTRICO DESPUÉS: Ya no se realiza traspaleo para identificar el material próximo a expirar, no se realiza concentrado de modelos ni tampoco se busca ni se manda e-mail al planeador de producto correspondiente 790 piezas en promedio, monto equivalente (\$ 207,227), periodo de tiempo (8 semanas), se redujo un 14.9% de inventario					
No. de sugerencia: 39528		Status Vo.Bo.: Aprobada		Mensaje:		Fecha: 2014-08-18 F452	

APROBADO POR: ENRIQUE OSCAR GUERRA MARTINEZ		OPTIMIZACIÓN DE ESPACIO MESA DE RETRABAJO (SILGEL)				 ¿Material de Reuso? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
Área: ABS1		Territorio: RETRABAJO		Línea: TODAS		Máquina: MESA 2	
PROBLEMA: La mesa de retrabajo de sigel es demasiado grande por lo que se desperdicia mucho espacio ya que no se utiliza al 100%.		SOLUCIÓN KAIZEN: Se recortara la mesa para que de optimize el espacio y para el operador sea más ergonomica.		MÉTRICO: Espacio, Reciclaje		¿CÓMO MANTENER TU KAIZEN?: Otro: Cambio fijo	
ANTES:  <p>La mesa número 2 del área de retrabajo (Sigel), es demasiado grande por lo que no se utiliza el espacio al 100%, ya hay espacio de sobra por las características del proceso.</p>		DESPUÉS:  <p>La mesa de retrabajo numero 2 (sigel), se recorto de manera que el espacio es utilizado al 100% y además se optimizo espacio.</p>		MÉTRICO ANTES: Espacio: M2 : (1.85 x 85 cm) = 1.57 m2. 1.02 m2 de trespas que se quito de esta mesa.		MÉTRICO DESPUÉS: Espacio: M2 : (1.00 x 55 cm) = 0.55 m2. Ahorro 1.02 m2. 1.02 m2 de trespas que se pueden utilizar en otra actividad o mesa. Costo de Trespas (Panel gris) 1m2 Costo con proveedor \$1,848.28. se evitan gastar cuando se necesite trespas.	
No. de sugerencia: 40541		Status Vo.Bo.: Aprobada		Mensaje:		Fecha: 2014-06-16 F452	

APROBADO POR: CARLOS VARGAS MEJIA		ALERTAS DE MATERIAL EXPIRADO Y PRÓXIMO A EXPIRAR				 ¿Material de Reuso? <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
Área: ABS1		Territorio: KITTING ROOM C&S		Línea: Todas		Máquina:	
PROBLEMA: Actualmente se consultan varias bases de datos y/o archivos para saber la vigencia de las piezas que se encuentran en picos y se revisa pieza por pieza para poder darle prioridad a la salida de esas piezas		SOLUCIÓN KAIZEN: Que el software "administrador de material rezagado" pueda mandar automáticamente las alertas tanto de material próximo a expirar como expirado, basándose en un contador ligado a MES i-Gate		MÉTRICO: Costos, Inventario, Tiempos		¿CÓMO MANTENER TU KAIZEN?: Otro: modificación y mantenimiento en software	
ANTES:   <p>Antes se tenía que traspalear entre todo el material, revisar pieza por pieza en i-Gate y notificar al planeador enviando un correo</p>		DESPUÉS:   <p>Ahora no es necesario realizar traspaleo, revisar pieza por pieza ni investigar a qué planeador se debe notificar y enviarle el correo</p>		MÉTRICO ANTES: \$15,000.00 costo con proveedor El promedio de stock antes era de 1037 pzas con un monto equivalente a \$203,072 mxn La actividad consumía 3 horas por semana		MÉTRICO DESPUÉS: \$0.00 no tuvo ningún costo ya que lo realizó el personal de IT Con esta mejora obtuvimos un ahorro de: \$15,000.00 MXN El promedio de stock actual es de 799 pzas con un monto equivalente a \$202,097. mxn, se redujo un 23% de inventario Actualmente no se realiza más esta actividad, ya que el sistema lo hace en automático	
No. de sugerencia: 39530		Status Vo.Bo.: Pendiente		Mensaje:		Fecha: 2014-08-18 F452	

APROBADO POR: ENRIQUE OSCAR GUERRA MARTINEZ		OPTIMIZACIÓN DE ESPACIO MESA DE RETRAJO (INSPECCIÓN DE RESORTES)				 ¿Material de Reuso? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO
Área	Territorio	Línea	Máquina			
ABS1	RETRABAJO	TODAS	INSPECCIÓN DE RESORTES			
PROBLEMA: La mesa de retrabajo de inspección de resortes es demasiado grande por lo que se desperdicia mucho espacio ya que no se utiliza al 100%. Replica Kaizen 40541			MÉTRICO: Espacio, Reciclaje			
SOLUCIÓN KAIZEN: Se reortara la mesa para que de optimize el espacio y para el operador sea más ergonómica.			¿CÓMO MANTENER TU KAIZEN?: Otro: Cambio Fijo			
			CAPACITACIÓN: No Aplica Capacitación			
ANTES:  <p>La mesa número 4 del área de retrabajo (Inspección de resortes), es demasiado grande por lo que no se utiliza el espacio al 100% y hay espacio de sobra por las características del proceso.</p>		DESPUÉS:  <p>La mesa de retrabajo numero 4 (inspección de resortes), se recorto de manera que el espacio es utilizado al 100% y además se optimizo espacio.</p>				
MÉTRICO ANTES:	Espacio: M2 : (1.00 x 80 cm) = 0.8 m2. 0.40 m2 de trespas que se quito de esta mesa.		MÉTRICO DESPUÉS:	Espacio: M2 : (80 x 50 cm) = 0.40 m2. Ahorro 0.40 m2. 0.40 m2 de trespas que se pueden utilizar en otra actividad o mesa. Costo de Trespas (Panel gris) 0.40 m2 Costo con proveedor \$73.93 se evitan gastar cuando se necesite trespas.		
No. de sugerencia: 40542	Status Vo.Bo.: Aprobada	Mensaje:		Fecha: 2014-07-02	F452	

APROBADO POR: ENRIQUE OSCAR GUERRA MARTINEZ		OPTIMIZACIÓN DE ESPACIO MESA DE RETRAJO (RETRABAJO FINO)				 ¿Material de Reuso? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO
Área	Territorio	Línea	Máquina			
ABS1	RETRABAJO	TODAS	MESA 6			
PROBLEMA: La mesa de retrabajo de fino es demasiado grande por lo que se desperdicia mucho espacio ya que no se utiliza al 100%. Replica Kaizen 40541			MÉTRICO: Espacio, Reciclaje			
SOLUCIÓN KAIZEN: Se reortara la mesa para que de esta manera el espacio se optimize y sea utilizado al 100% por el operador.			¿CÓMO MANTENER TU KAIZEN?: Otro: Cambio Fijo			
			CAPACITACIÓN: No Aplica Capacitación			
ANTES:  <p>La mesa número 6 del área de retrabajo (Retrabajo Fino), es demasiado grande por lo que no se utiliza el espacio al 100% ya hay espacio de sobra por las características del proceso.</p>		DESPUÉS:  <p>La mesa de retrabajo numero 6 (retrabajo fino), se recorto de manera que el espacio es utilizado al 100% y además se optimizo espacio.</p>				
MÉTRICO ANTES:	Espacio: M2 : (1.00 x 1.00 m) = 1.00 m2. 0.50 m2 de trespas que se quito de esta mesa.		MÉTRICO DESPUÉS:	Espacio: M2 : (1.00 x 0.50 m) = 0.50 m2. Ahorro 0.50 m2. 0.50 m2 de trespas que se pueden utilizar en otra actividad o mesa. Costo de Trespas (Panel gris) 0.50m2 Costo con proveedor \$924.14 se evitan gastar cuando se necesite trespas.		
No. de sugerencia: 40543	Status Vo.Bo.: Aprobada	Mensaje:		Fecha: 2014-07-14	F452	

DICTAMEN COMITÉ REVISOR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería



ANIVERSARIO
70
FACULTAD DE CIENCIAS
QUÍMICAS E INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT
SGC Certificada en la norma ISO 9001:2015

FORMA T-4A
NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR

Cuernavaca, Mor., a 11 de Noviembre del 2022

DR. PEDRO MORENO BERNAL
DRA. JUANA ENRIQUEZ URBANO
DRA. JESÚS DEL CARMEN PERALTA ABARCA
MTRO. ORLANDO MORAN CASTREJON
MTRA. ELIZABETH MILLAN BENITEZ
P R E S E N T E

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de:

TESIS

Titulado:

Optimización de recursos aplicando balanceo de cargas de trabajo

Que presenta (el) o (la) **C. Sheyla María Alejandra Aguilar Torres**

Del programa educativo de: **LICENCIATURA en INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
Directora de la FCQeI
Firmado Electrónicamente



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería



ANIVERSARIO
70
FACULTAD DE CIENCIAS
QUÍMICAS E INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT
SGC Certificada en la norma ISO 9001:2015

DICTAMEN

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
DIRECTORA DE LA FCQeI
P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que los abajo firmantes otorgan su voto aprobatorio y firman electrónicamente para dar validez.

VOTO	NOMBRE	FIRMA
	DR. PEDRO MORENO BERNAL	
	DRA. JUANA ENRIQUEZ URBANO	
	DRA. JESÚS DEL CARMEN PERALTA ABARCA	
	MTRO. ORLANDO MORAN CASTREJON	
	MTRA. ELIZABETH MILLAN BENITEZ	



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2022-11-13 21:59:14 | Firmante
jkOCxei/LYJY0/clzXv2k7wn88pLjeB/py916dohzjx9uBdCm0JbjysE2B3mb8wyh4YEI5R3FT36W8OK3ULzkvrBAaAN1JQiMtyAt/6rtFVTOFTpF7IKmNS6mpkm+G/Wg8oPqdHgBPIt9Z4G5JKHt7/QrULvXujFTM1l+1s6Vl4g891v+V39mpW7SfPeFA0k7SQGAJw5v6RLCXnnGuBtv7WU3ujKlFvZhKMit6YNsA44FIPcupabZr6H47xy8gHIM8CSidn7j5zKYjA4+jCpdJ9kdkPq/rAO7WWr93EGlymfk2fojC2RKse8IZFJmnxknwD2pDjhckYxX2ZBDXsbQ==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

07GV58qji

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/los6FQic4OtgEZQsBqjpSlm5AXliw259>



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JESUS DEL CARMEN PERALTA ABARCA | Fecha:2022-11-14 21:57:50 | Firmante

qg5EvAPSWKcY4Et+9fHircnu4w8GxbnFzhN9C+ldmT6iA5Mh9yIA0W02nlAlhglUm5wgDxRn/dS5RegLKb3CDCasD7StvZ2JyIq6hsjNDwsG+ZqVKRnC6V9geH90IFgYMIligU2BiSpzXS+jmDeZ1vmIBA3wor14Qc4zJNwsaQ+3/x6tPB91ggubPe/nhMiM+wJyI+sydhkA+qjnn0YJIVWkyNy3wcjxlqaCD8AxPRXWRB680bB3HrKEQArFaqwUwc0mvyU0kuB2QM+82borZBzJITvCf8+LereMR3m0Dk8JT1J5LkUzP7eZ155RwUsE6ylEP6z3c/p1TuAXN499Q==

JUANA ENRIQUEZ URBANO | Fecha:2022-11-15 09:25:14 | Firmante

MKernNqrrPRPS4MSnXULWiuTc9XmhnXZdqh/HqIpJ+hf6FkGYWvrs2kjpLqqOlmzkJA4B0aogMxImOaR2WOTfUKHtfjQ991FiLLICFLvy4vzBFINTYEDz0575DSWm47hJ6AmRpybMyo/DsJGH9cbdmUwbMTkxizZnhE3H0F0GM3XewWY4evPvADGXiQW5f4XJ9eEzPcMk630C3dDoeHmYAxr3445jmODPySeqdC657Zwd/mdDGxQsRiYdfJrSewNMFdiaD0Gv7i3Y5e0BH8GOREHM/pxTWw2gn+15jNFxHKSmlggbWY/oQMPGJvt6MmhNqzLu8dRF+5UnAiA==

PEDRO MORENO BERNAL | Fecha:2022-11-21 16:16:21 | Firmante

N9brE7qIZxaNjyV8TIQQNlxchgrzLsQ807Li6Pd3Au75BOsso3nj39FZS6Wo/5AJgoXY8N4xqHG120RN5JXCfDkz8Hjs382vQ6WL4o6b3Zp0T0V5uaYvmK9T7nJ75ryHT0yEemrsvd22y7CfeosK/4TZmoqsJu2z161GHK2jUw2HkIEwsLUUwNclVn8/tyEwWqd4OxOPnKsU0aL5jt7w5q1w0Elb0JynGvGoP5XcV6Uij5Q9sGi7abFmCFoERMLM4vSLeStrdoYFCW9JIXMKK+f902i8KZTQO9fJUSAITs/9snQxSCiEIOQxhcuReSuLh14ICNE34DtmrWGQQ==

ELIZABETH MILLAN BENITEZ | Fecha:2022-11-22 20:27:51 | Firmante

HNu8OisSbWD0qTqR7NgAlpzdje/Vew/zxuUSxSSDCQMTb/BdPNAqATs3BdcsI5XYL9dyGz8m9/PRBnsksu0swjCrvldEyx97IZxOLZVZ+sg9FY6sML0E4ITmzhFtlVeSxA7r0GRaY8LRO7pfMTJp8rjBjE3ubCmV3U4Nw4rk6T1+Bd9CkMAInVn61R6h3Q8AkNchw47AifhNURhyAw0BXZGr51jShLxFr7GKMDG+rB53W5EAY4ZXsoCaPCMrX1Bcxn2kBzLRcX6mdeliaA5D/TSfUboNwYM828zYhu14i+f61BaEvkw3uS4ZvtMd74n4/CdoDVu+m7cLkijNpg==

ORLANDO MORAN CASTREJON | Fecha:2022-11-22 21:14:07 | Firmante

Y0xya/4H+pmmJltqRaK1iHc+2CUpZ5TcJcnwgmIFV+/pxFKFmgK0t02Mcm+GMgg01hTabq34fpSz0cJwTwL5+ha6Tr2t7RzeDX2mKCzKzS62OdA0hh3w31xpO3M5F2sgVC462m/rBHYh+T3llQwWlYIZhNXRb0FDCNVtAs+stS5VUrXhCmEJ92lQlGk8KQXnsVB0n4awSselGFteCpJLzHAOHgHYX8f7HhIDRR86lqipMcCXfGWGw+F5ZqXAAm6Q5R06tmksA8liE4dgeJ/JpBX7elZuanonRPBMBJVs2ASeUqcRfyNzP1T8fE4JIDgg/1kf19KqqnE2D/rDw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



FligV7e9l

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/HhgUG0maFWJJPriMkipAefrhDwO5BsU>