



Educación

Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**“INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD E INDICADORES CLAVE
DE DESEMPEÑO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SIX
SIGMA”**

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

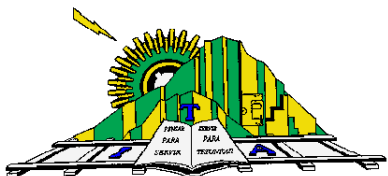
**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERIA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

OSORIO RODRIGUEZ ALAN

NOMBRE DEL ASESOR:

DR. PÉREZ LOAIZA RODOLFO ELEAZAR



APIZACO, TLAX., ENERO 2025



Apizaco, Tlax. 27/enero/2025
Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del Egresado:	ALAN OSORIO RODRÍGUEZ
Carrera:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
No. De control:	19370650
Nombre del proyecto:	"Incremento de la productividad e indicadores clave de desempeño mediante la implementación de lean six sigma en la empresa: FEDERAL MOGUL S. DE R.L DE C.V."
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

EXCELENCIA EN EDUCACION TECNOLÓGICA ®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL


ARMANDO BARRAZA HINIESTA
JEFE DE DEPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL


RODOLFO ELEAZAR PÉREZ LOAIZA
ASESOR INTERNO

c.c.p._ Div. Est. Prof. (interesado)
c.c.p._ Archivo



Tzompantepec, Tlaxcala, **13/mayo/2025**

ALAN OSORIO RODRÍGUEZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL
CON NÚMERO DE CONTROL 19370650.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL y cuyo tema es: INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD E INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SIX SIGMA, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar 2 USB del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar*



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES**

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
IJSS/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahueshuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Agradecimientos

Sabiendo que no existirá una forma adecuada de agradecer a quienes con su apoyo y sacrificio este objetivo se hiciera realidad. Con cariño y admiración a todas las personas que me apoyaron durante mi formación profesional, especialmente a mis padrinos Tomas y Silvia, al Doctor Rodolfo Eleazar mi asesor de residencia profesional, a mi mentor Yohan Huerta Mejía, pero sobre todo a mi madre, Jovana Rodríguez que sin su apoyo y sacrificio este sueño no sería realidad. Mi eterna gratitud a todos, sepan que este logro también es de ustedes.

INDICE

Portada.....	1
Agradecimientos	4
Resumen.....	7
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	8
1.1. Introducción.....	8
1.2. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del estudiante.....	9
1.2.1. Nombre de la empresa.....	9
1.2.2. Historia de la empresa	9
1.2.3. Ubicación de la empresa.....	9
1.2.4. Misión y visión	10
1.2.5. Política de calidad	10
1.2.6. Valores de la empresa.....	11
1.3 Objetivos.....	12
1.4 Justificación.....	12
2. MARCO TEORICO	13
Concepto Lean Manufacturing	13
Pensamiento Lean como sistema.....	13
Principios de Lean Manufacturing.....	13
Filosofía de producción Toyota	14
Breve historia de la manufactura esbelta.....	14
La Manufactura Esbelta como proceso	15
Aplicación de la Manufactura Esbelta	15
Beneficios Lean – Empresa.....	16
Beneficios Lean – Empleados	16
Herramientas Lean.....	16
Inhibidores del sistema	17
Identificación del tipo de desperdicio	17
Tipos de desperdicio.....	17
Concepto de valor agregado.....	18
Partes de una operación productiva.....	18
Ventana del Valor Agregado	18

Perdidas en las actividades de producción	19
Enfoque a las perdidas	19
SMED (Single Minute Exchange of Die)	20
Concepto SMED	20
Beneficios del SMED	20
Tiempo de montaje	21
Causas de arranques largos	22
Tipos de montaje	22
Metodología de implementación	23
Kaizen – Mejoramiento Continuo.....	23
Tipos de Kaizen	23
Implementación de un Kaizen (pasos)	24
Ciclo de Mejora Continua.....	24
3. DESARROLLO	25
3.1 Descripción de las actividades realizadas	25
3.2 Diagnóstico	28
3.3 Implementación de la metodología SMED para el cambio de modelo en línea MSA.....	29
3.3.1 Etapa preliminar.....	32
3.3.2 Fase 2 - Identificar actividades internas & externas.....	35
4. RESULTADOS	46
4.1 Fase 3 – Sustituir lo interno de lo externo	46
4.2 Fase 4 – Mejorar	52
5. CONCLUSION	58
6. COMPETENCIAS DESARROLLADAS	59
7. FUENTES DE INFORMACIÓN	60
10. Anexos.....	61

Resumen

El presente proyecto se llevó a cabo en la empresa Federal Mogul S. de R.L. de C.V. dedicada a la elaboración de anillos para pistón. Ubicada en Carretera Resurrección No. 73 Puebla. El objetivo principal del proyecto fue añadir valor agregado a las operaciones clave de la empresa para alcanzar los estados ideales en sus kpi's internos mediante la implementación Lean Six Sigma.

A lo largo del desarrollo del proyecto se demostró con datos cuantitativos lo importante que es desarrollar eventos kaizen con un enfoque integral para poder robustecer el nivel del sistema de gestión de calidad de una empresa automotriz.

Al desarrollar un diagnostico eficiente, el equipo de mejora continua de la mano con el departamento de producción, se detectó el grado de gravedad que presentaba una de las operaciones criticas dentro de su cadena de valor, por lo que se optó por atacar el factor número uno que afectaba a los indicadores de esta línea, el tiempo muerto por cambio de modelo.

Al evidenciar el daño que provocaba ese factor en el proceso productivo, se planeó y ejecutó un evento kaizen formal, que cumplió con cada una de las fases del ciclo de la mejora continua. Obteniendo resultados satisfactorios para cada departamento en sus indicadores clave de desempeño.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Introducción

Actualmente la industria automovilística enfrenta un momento crucial. Muchos fabricantes están en una situación delicada, de la misma forma, miles de puestos de trabajo están en peligro dentro de las fábricas.

El sector automotriz debe adoptar un nuevo enfoque en su administración estratégica y métodos de manufactura e implementar las mejores filosofías de trabajo para poder sobrevivir a la demanda de un nuevo mercado más demandante, así como a un mundo interconectado.

Analizando el panorama actual en el que se encuentra la industria del transporte, especialmente el corporativo TENNECO, puntualmente en la Planta Anillos Puebla (Federal Mogul S. de R.L. de C.V.), surge la necesidad de poner máxima atención en los diferentes eslabones de su cadena de valor, haciendo un amplio énfasis en la mejora de la calidad de sus productos, impactando previamente en la productividad y KPI's internos. De esta forma surge el proyecto *“Incremento de la productividad e indicadores clave de desempeño mediante la implementación de Lean Six Sigma”* en el departamento de mejora continua, que de la mano con un equipo multidisciplinario tendrá como objetivo añadir valor agregado a las operaciones clave de la empresa para alcanzar los estados ideales en sus indicadores. De esta manera la empresa logrará obtener la certificación que busca con un nivel sobresaliente y servir como planta modelo dentro de su corporativo en el continente americano, así como aprovechar sus recursos para poder mantenerse en un mundo cambiante.

1.2. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del estudiante

1.2.1. Nombre de la empresa

Nombre corporativo: TENNECO

Grupo de negocio: Powertrain

Razón social: Federal Mogul S. de R.L. de C.V. (TENNECO Planta Anillos)

1.2.2. Historia de la empresa

La empresa pertenece a Federal Mogul Powertrain, una de las dos divisiones independientes de la compañía. Durante muchos años, Friedberg ha sido un importante centro de fabricación de anillos de pistón, forros de cilindro y cierres mecánicos de anillo deslizante en los sectores automotrices e industriales. Alrededor del 55% de la cartera de productos proviene del negocio industrial. Estos incluyen también cierres de anillo deslizante de la marca Tenneco de GOETZE, que se producen exclusivamente en Friedberg.

Federal Mogul provee a nivel mundial para los principales fabricantes de vehículos y cuenta con una amplia base de clientes del mercado posventa, consideran que la diversidad de los clientes, proveedores y clientes del mundo son claves para la estrategia de crecimiento sostenible a nivel mundial.

1.2.3. Ubicación de la empresa

Carretera Resurrección No. 73, Camino a Manzanilla, C.P. 72304 Puebla, Puebla, México – Planta Anillos (véase ilustración 1)

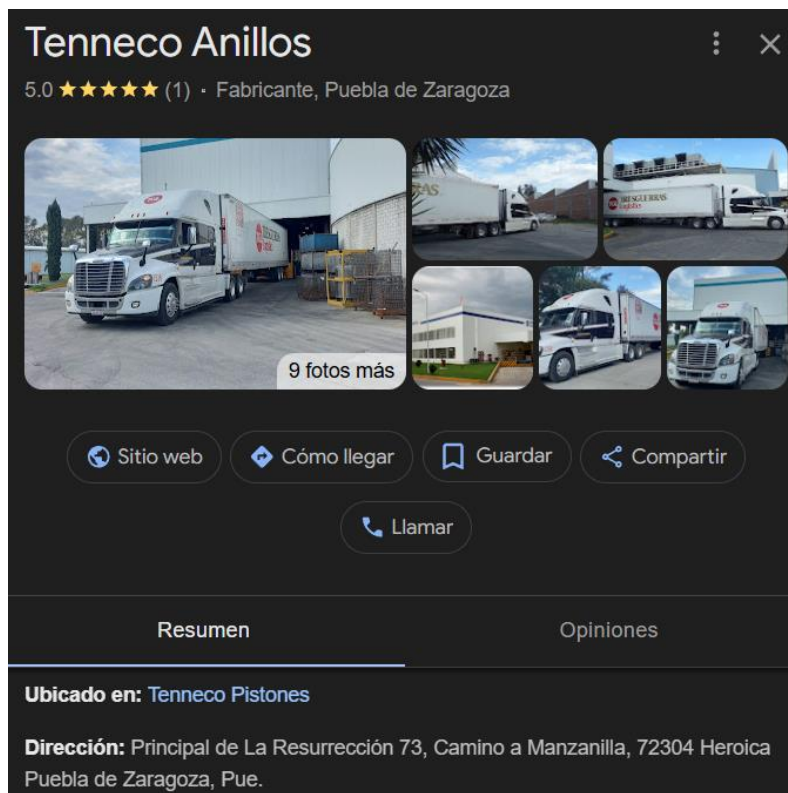


Ilustración 1 Ubicación de la empresa Federal Mogul (Planta Anillos)

1.2.4. Misión y visión

Misión

Ser el socio más confiable y el mejor fabricante y distribuidor del mundo en la industria del transporte.

Visión

Ser reconocidos dentro de Federal Mogul, como la mejor planta de nuestro grupo, con mayor calidad y los más bajos costos; buscando ser competitivos en el mercado internacional.

1.2.5. Política de calidad

A través de la ejecución activa de nuestros Valores Fundamentales, nos dedicamos a satisfacer al cliente fomentando una mentalidad sin defectos con el compromiso de cumplir los requisitos mediante la mejora continua con el trabajo en equipo multifuncional y la participación de todos *para hacerlo bien la primera vez, siempre.*

- Mejora continua
- Empleados capacitados
- Optimización del sistema de administración
- Satisfacción del cliente

1.2.6. Valores de la empresa

Radical Candor → Franqueza Radical

Debemos entablar debates productivos y crear una tensión que sea constructiva. Debemos ser abiertos y absolutamente honestos, con buenas intenciones. La verdad es armonía.

Simplify → Simplificar

Debemos rechazar la burocracia, minimizar las capas y eliminar los silos. Debemos ser claros, romper las barreras, idear un plan y concentrarnos en su ejecución.

Organizational Velocity → Agilidad Organizacional

Debemos crear un equipo global y una estructura organizacional que facilite la toma de decisiones rápida y la velocidad en la realización de tareas.

Tenacious Execution → Ejecución Tenaz

Debemos adoptar una forma de pensar responsable y de pertenencia, que sea la base de nuestra cultura y de todo lo que hacemos.

Win → Ganar

Debemos ganarnos la confianza de nuestros empleados y clientes.

1.2.7. Área de trabajo del estudiante y puesto

Departamento: Mejora Continua (Continuous Improvement)

Organigrama del departamento de Mejora Continua

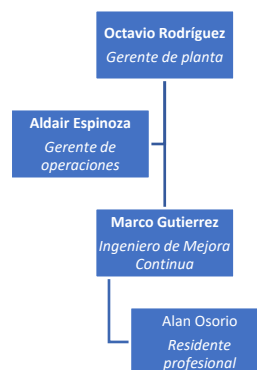


Ilustración 2 Organigrama del depto. de M.C.

Puesto: Residente profesional de Mejora Continua

1.3 Objetivos

General

Añadir valor agregado a las operaciones clave de la empresa para alcanzar los estados ideales en sus KPIS de producción.

Específicos

- ✓ Reforzar al departamento de Mejora Continua en su metodología de trabajo
- ✓ Identificar los cuellos de botella en el proceso productivo
- ✓ Desarrollar eventos kaizen de acuerdo al orden de prioridad (8 kaizen/año)
- ✓ Asegurar que el Depto. de MC cumpla con todos los puntos para la certificación P3 (certificación interna de corporativo)

1.4 Justificación

La empresa FEDERAL MOGUL S. de R.L. de C.V. (Tenneco Planta Anillos), en su propósito de asegurar la calidad total en su sistema global, ha implementado desde hace años un Sistema de Gestión de Calidad robusto basado en los requisitos de las normativas del sector automotriz.

Su SGC hace énfasis en la gestión por procesos, la satisfacción del cliente y la mejora continua. Actualmente la empresa se encuentra desarrollando planes de mejora, que mediante su plan operativo del año 2024 - 2025 se expone el planteamiento de la TENNECO P3 SITE CERTIFICATION, auditoría ISO 45000 y la auditoría de la IATF, con el fin de dar cumplimiento al compromiso de la empresa con el mejoramiento continuo y al mismo tiempo estar preparados para la evaluación externa.

El departamento de Mejora Continua evalúa y detecta falencias en el proceso productivo, de esta forma permite plantear un plan de acciones correctivas con resultados medibles sobre cada una de sus operaciones y su SGC.

El desarrollo de este proyecto presentará como primer paso la implementación de la filosofía de mejoramiento continuo mostrando su justificación e importancia para el desarrollo efectivo del SG implementado en el proceso productivo.

Posteriormente se describirán los procesos de gestión de calidad del proceso productivo y la elección del equipo de mejora, posteriormente se determinarán las herramientas de medición necesarias para efectuar el diagnóstico inicial, cuyos resultados permitirán identificar errores y en base a ello plantear un plan de acción aplicando el ciclo de la mejora continua (PHVA), definiendo los pasos y principios para el éxito del proceso. Por último, el proyecto finalizará mostrando un plan de acción basado en resultados concretos y con indicadores adecuados a los requerimientos principales dentro de su sistema de gestión y su corporativo.

2. MARCO TEORICO

Concepto Lean Manufacturing

Lean Manufacturing (en español “*producción ajustada*”) se traduce como sistema “esbelto”, pero enfocado a un sistema productivo significa “flexible”, capaz de adaptarse a las necesidades del cliente. Un sistema lean trata de eliminar el desperdicio y lo que no añade valor.

“Lean” es una filosofía de administración de la operación de una compañía.

“Lean” significa hacer más con menos - menos esfuerzo y estrés de las personas, menos equipo, menos espacio, menos recursos y en menos tiempo. Acercarnos cada vez más a entregarle al cliente exactamente lo que quiere (Calidad, Costo y Entrega), en el momento preciso que lo necesita, no antes, no después.

En el corazón de “Lean”, se encuentran miembros de un equipo motivados, flexibles y resolviendo continuamente problemas. Comúnmente Toyota Production System (TPS) es sinónimo de Lean Manufacturing.

Pensamiento Lean como sistema

Este es el sistema de manufactura desarrollado por Toyota que busca la **reducción y optimización** en todo el sistema mediante la **eliminación de Muda (desperdicio)**, y aspira a integrar la **calidad** en el proceso de manufactura, al tiempo que reconoce el principio de **reducción de costos**. También incluye la tecnología necesaria para lograr estos objetivos.

En el libro “La máquina que cambió el mundo” investigadores de MIT acuñaron el término “lean manufacturing” en este libro de 1990 para describir al TPS.

Principios de Lean Manufacturing

Primero

Calidad a la primera vez: “0” defectos, detección y solución de los problemas en su origen.

Segundo

Minimizar desperdicios: eliminar las actividades que no agregan valor

Tercero

Mejora continua: reducir costor y aumentar la productividad

Cuarto

Procesos “pull”: respuesta a la demanda

Quinto

Flexibilidad de procesos: producción de mezclas de productos

Sexto

Relación con proveedores: compartir riesgos, costos e información

Filosofía de producción Toyota



Ilustración casa de producción Toyota

Breve historia de la manufactura esbelta

El sistema de producción Toyota (TPS) fue desarrollado por Taiichi Ohno, Shigeo Shingo y Eijy Toyoda entre 1948 y 1975. Este sistema fue reconocido mundialmente como benchmark para las empresas de manufactura y luego extendido en la industria de servicio.

De acuerdo a Ohno, él aprendió todo lo que se necesita de:

- Indianapolis 500 (Fórmula 1)
- Highland > Planta River Rouge (Ford Detroit)
- Supermercados americanos

La Manufactura Esbelta como proceso

1. **Común** → Entendido y aplicado por todos
2. **Esbello** → Sin duplicidades ni desperdicios
3. **Ágil** → Capaz de operar rentablemente en un ambiente competitivo de cambios
4. **Flexible** → Capaz de tomar ventaja ante cualquier situación y cambios
5. **Disciplinado** → Con apego a los principios de Manufactura Esbelta y con el compromiso de todos los niveles de la organización
6. **Facultado** → Con facultamiento efectivo para actuar en beneficio del cliente

Aplicación de la Manufactura Esbelta

¿Por qué debemos aplicar la Manufactura Esbelta?

Por la necesidad de responder:

- A las expectativas y requerimientos de Clientes cada día mas exigentes
- A rivales más agresivos
- A la creciente gama de productos que el Cliente tiene a su disposición
- A la exigencia de continuar siendo rentables

Lo que implica:

- ? Reducir Costos
- ? Mejorar la velocidad de respuesta
- ? Reducir tiempos de entrega
- ? Incrementar la confiabilidad
- ? Mejorar la flexibilidad
- ? Mejorar la productividad del Sistema Total
- ? Tener una calidad de producto y de servicio Excelente



Beneficios Lean – Empresa

- ✓ **Productividad** – Aumento del 30% al 120%
- ✓ **Lead time** – Reducción del 40% al 80%
- ✓ **Manufactura / Costo del producto** – Disminución del 20% al 60%
- ✓ **Inventario** – Disminución del 40% al 80%
- ✓ **Espacio libre** – Aumento del 30% al 50%
- ✓ **Desarrollo de nuevos productos** – Reducción del tiempo de 30% al 50%
- ✓ **Costos de calidad** – Disminuyen entre el 50% y el 60%

Beneficios Lean – Empleados

- ✓ Fuerza de trabajo más productiva y capacitada
- ✓ Comunicación más efectiva y coordinada a lo largo de toda la organización
- ✓ Equipos de trabajo más efectivos
- ✓ Reducción de la necesidad de supervisar a los empleados
- ✓ Ambiente laboral mejorado y enriquecido
- ✓ Operadores más eficientes y competentes
- ✓ Aumento de la motivación
- ✓ El trabajo se desarrolla en condiciones más seguras y saludables

Herramientas Lean

- ✓ Identificación de tipos de actividades (VA & NVA)
- ✓ 7+1 tipos de desperdicios
- ✓ Kaizen
- ✓ Value stream mapping (VSM)
- ✓ Indicadores Lean
- ✓ 5's
- ✓ Fabrica visual
- ✓ Kanban
- ✓ Manufactura celular
- ✓ Trabajo estándar
- ✓ Heijunka
- ✓ Poka Yoke
- ✓ SMED
- ✓ JIT
- ✓ TPM
- ✓ OEE
- ✓ ANDON
- ✓ A3

Inhibidores del sistema



Identificación del tipo de desperdicio

Desperdicio

Toda actividad, acción o cosa que absorbe recurso, que no agrega valor al producto, que el cliente no valora o aprecia y que no está dispuesto a pagar.

De la misma forma, es todo lo adicional a lo mínimo necesario de recursos para fabricar un producto o prestar un servicio.

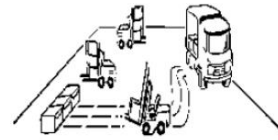
Tipos de desperdicio



Sobre-producción



Tiempo de Espera



Transporte



Procesos Innecesarios



Inventarios



Movimientos



Defectos / Retrabajos



Ergonomía Inadecuada



Comunicación Deficiente

Concepto de valor agregado

Valor agregado: Cuando se transforman o cambian las características de un producto o material y el cliente está dispuesto a pagar por ello.

Valor no agregado: Cuando se realizan actividades que son necesarias pero no transforma las características del producto y el cliente no está dispuesto a pagar o pagar parcialmente.

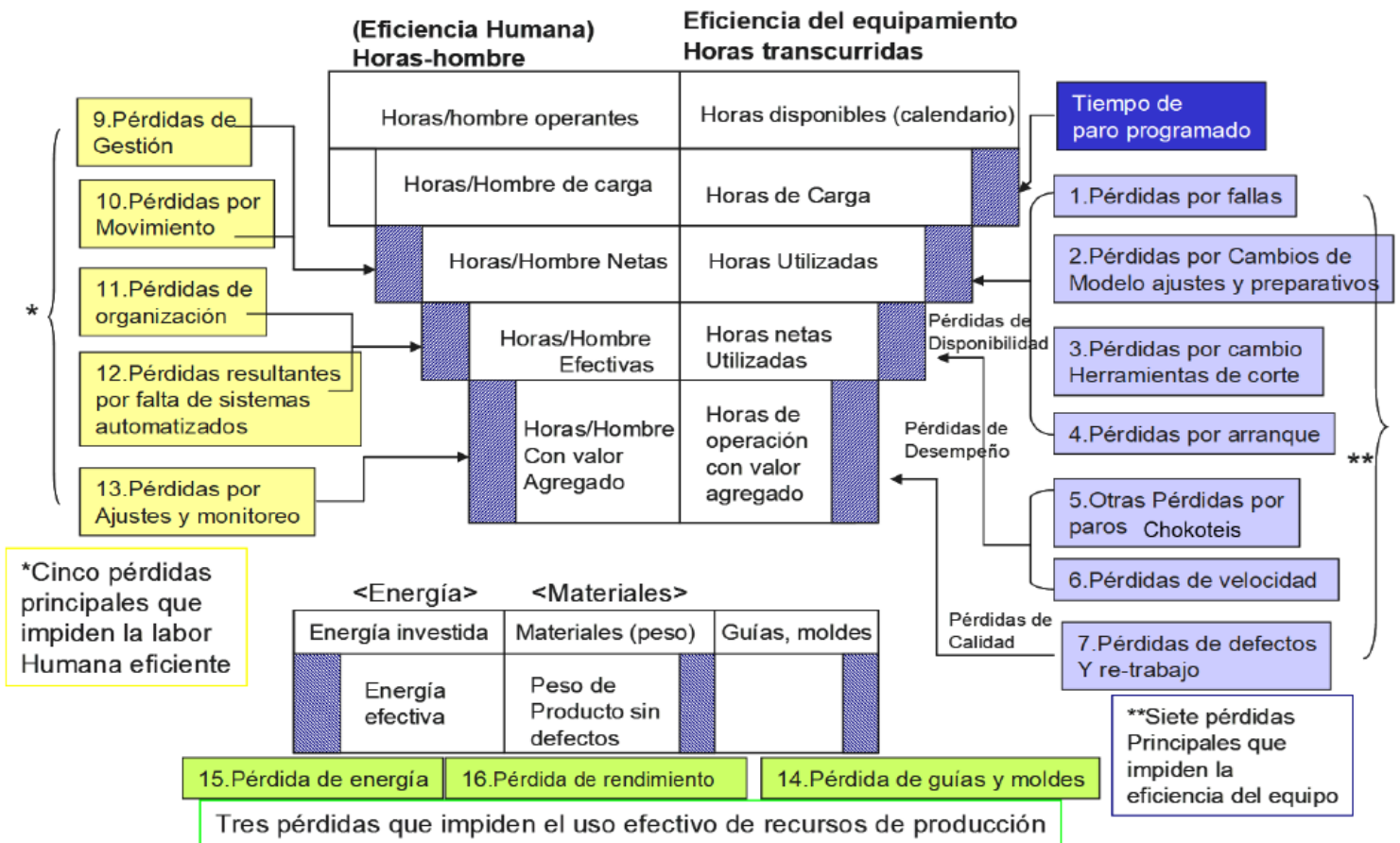
Partes de una operación productiva



Ventana del Valor Agregado

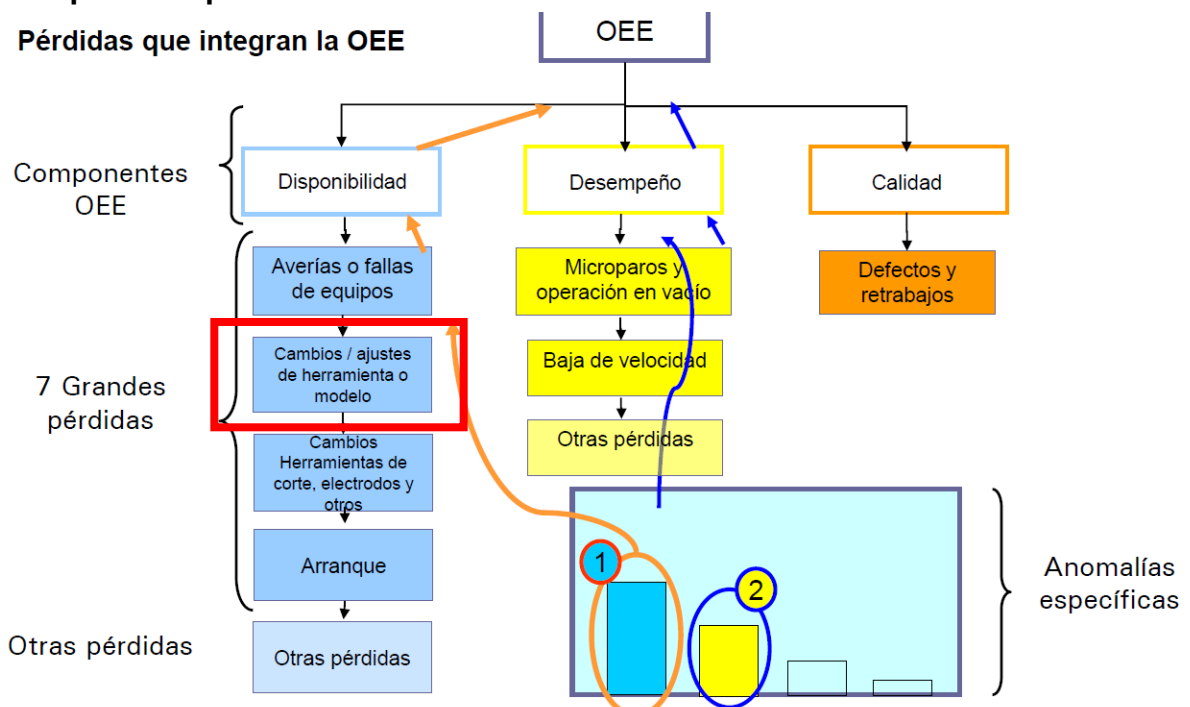
	Agrega Valor	No Agrega Valor
Es necesaria	• Proceso • Operación Mejorarlos	• Inspección • Transporte Minimizar
No necesaria	• Acabado especial • Empaque Venderla al Cliente	• Desperdicios • Esperas Eliminar

Perdidas en las actividades de producción



Enfoque a las pérdidas

Pérdidas que integran la OEE



SMED (Single Minute Exchange of Die)

Concepto SMED

En gestión de la producción, SMED significa Single Minute Exchange of Die. (Cambio de herramienta en (pocos) minutos).

Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute (expresar los minutos en un solo dígito).

Beneficios del SMED

Flexibilidad: Las empresas pueden adaptar su producción a las necesidades del cliente sin excesos de inventario.

Rápida entrega: La producción de lotes pequeños se traduce en reducciones en el lead time y en el tiempo de entrega del cliente.

Mejor calidad: Menor nivel de inventario significa menor cantidad de defectos relacionados con el almacenamiento.

Alta productividad: Cuando los cambios de modelo se hacen más cortos, la disponibilidad del equipo aumenta, por lo tanto, la productividad.

- ✓ Crear la posibilidad de producir mediante lotes más pequeños
- ✓ Reducir la cantidad de inventario
- ✓ Mejorar la calidad del producto
- ✓ Reducir desperdicios (tiempo, movimientos y material)
- ✓ Incrementar la flexibilidad en la producción
- ✓ Reducción del Lead Time
- ✓ Reducir costos
- ✓ Incrementar la competitividad & productividad

Tiempo de montaje



Ilustración

El enfoque de SMED se enfoca en el tiempo entre las dos piezas debido a que es un periodo de no valor agregado. En otras palabras, el equipo no se encuentra produciendo.

Es el tiempo requerido para remover el utillaje (herramental o componentes), montar el nuevo utillaje y correr la máquina hasta que una nueva pieza, sin defectos, sea producida.



Ilustración

El tiempo de montaje incluye todos los tiempos de corridas y ajustes hasta que la primera pieza es producida correctamente. Si una parte es producida correctamente sin ajuste entonces el tiempo de corrida no hace parte del tiempo de montaje.

Causas de arranques largos

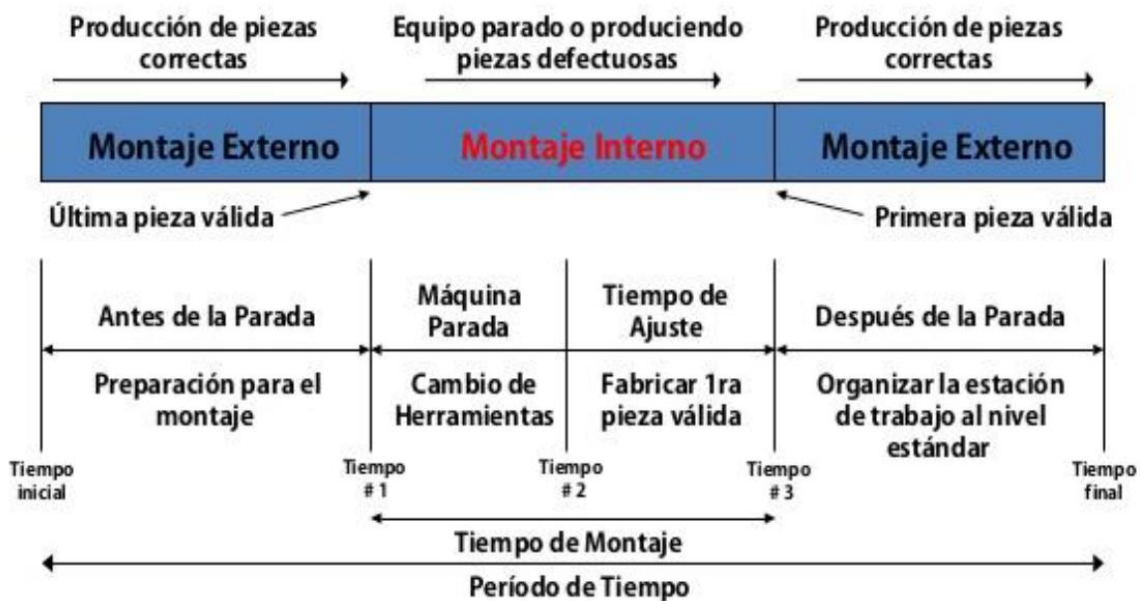


Ilustración

Tipos de montaje

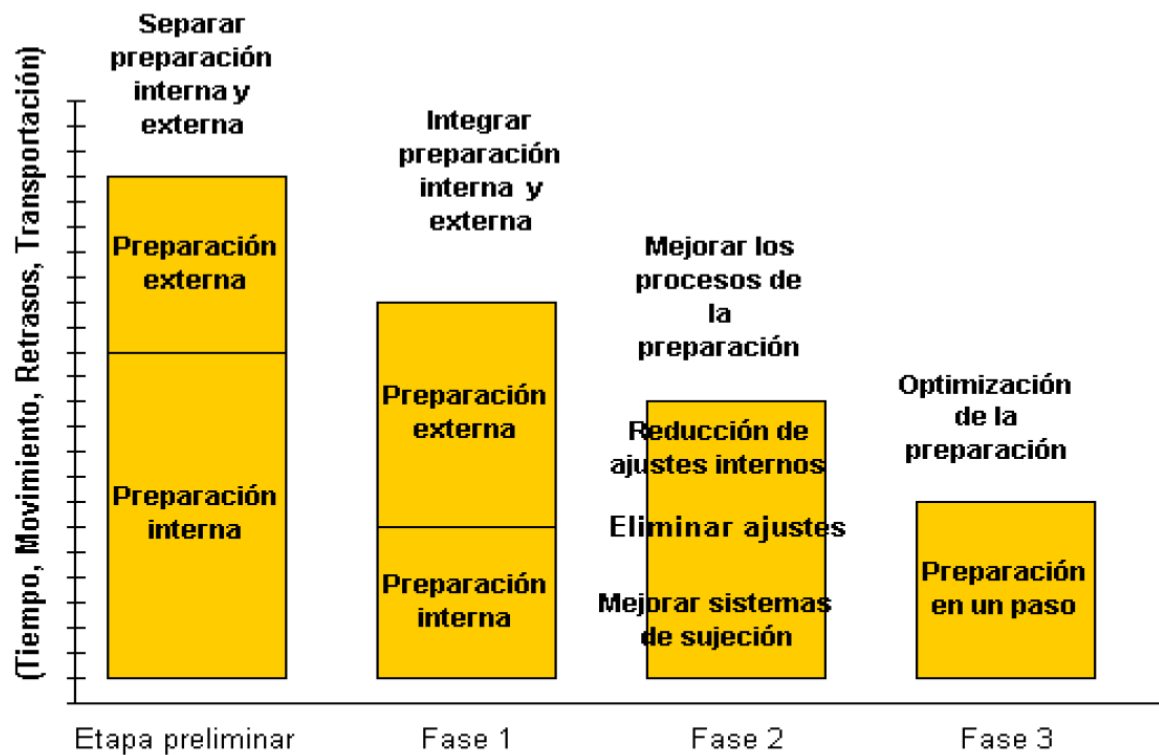
Montaje interno: Estas actividades se deben realizar mientras el equipo está apagado o no se encuentra produciendo.

Montaje externo: Estas actividades se deben realizar mientras el equipo se encuentra produciendo.



Ilustración

Metodología de implementación



Ilustración

Kaizen – Mejoramiento Continuo

Kaizen (Mejora Continua): Significa mejoras pequeñas realizadas como resultado de esfuerzos progresivos.

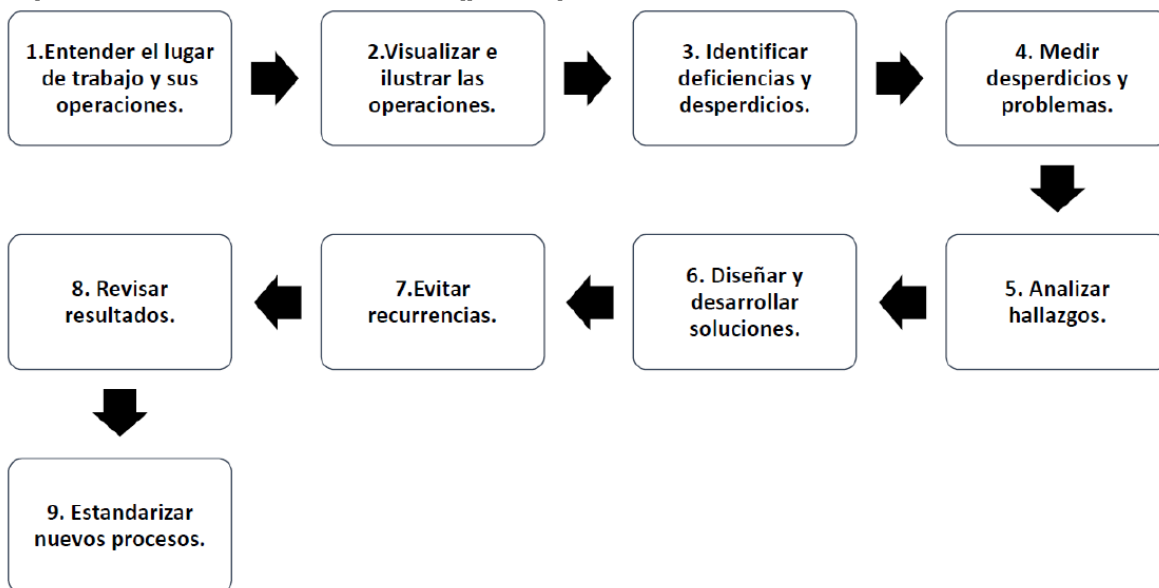
Kaizen (Innovación): Implica una mejora drástica como resultado de una inversión grande en nuevos recursos (tecnología, equipos, mano de obra...).

Tipos de Kaizen

Kaizen formal: Implica la planeación y programación de un evento Kaizen o de la actividad de mejoramiento indicando la situación actual y futura, el impacto sobre los indicadores que se definan (rentabilidad, productividad, # de operarios, tiempo ciclo, rate de producción...).

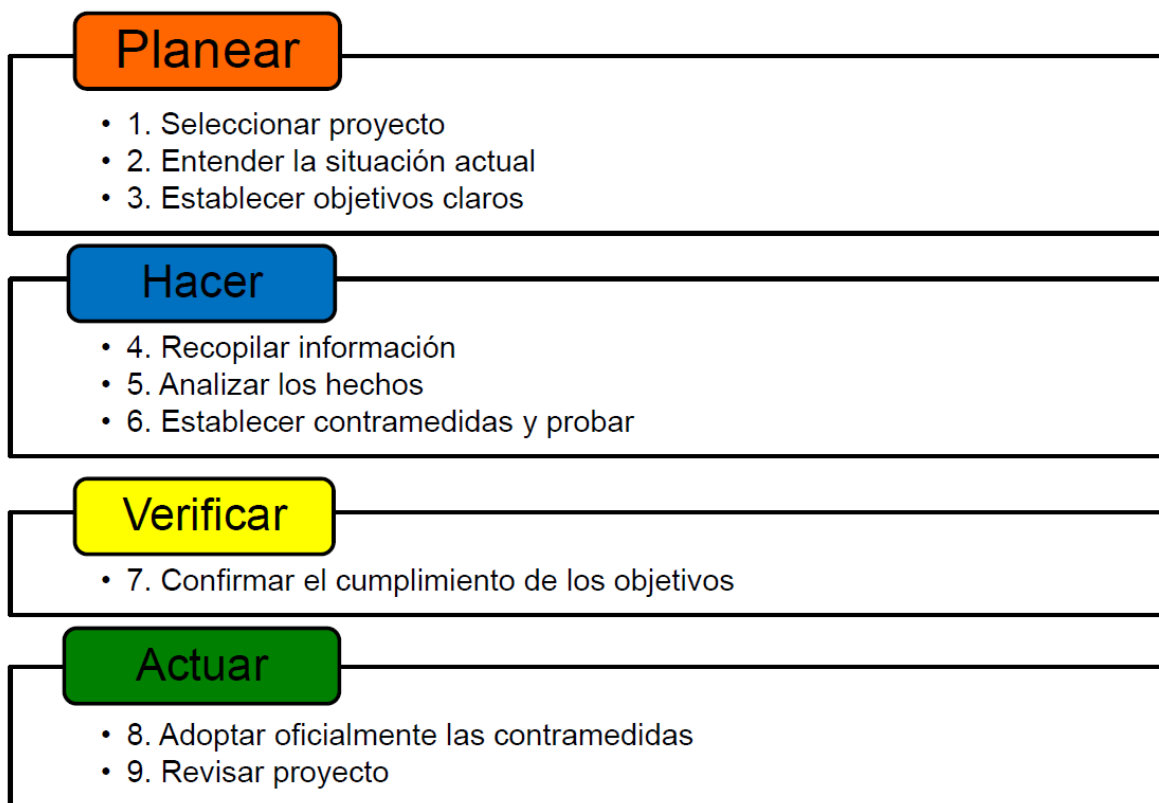
Kaizen informal: utiliza el sentido común (creatividad) para dar solución inmediata a una oportunidad de mejora, no necesita planeación, pero debe registrarse y hacerse pública, se caracteriza por ser una mejora que no cuesta dinero.

Implementación de un Kaizen (pasos)



Ilustración

Ciclo de Mejora Continua



Ilustración

3. DESARROLLO

3.1 Descripción de las actividades realizadas

1. Validación de tiempos ciclos en operaciones clave

Durante todo el periodo de residencias realicé la validación de tiempos ciclos en las operaciones clave del proceso productivo, para identificar malos manejos en la maquinaria que puedan afectar a la producción y a los indicadores. Estos datos se registran en un formato interno de la empresa para su posterior análisis e identificar el comportamiento de las operaciones ante una serie de eventos diversos.

2. Asegurar el correcto funcionamiento del software de la empresa

Fui el encargado del correcto funcionamiento del software que maneja la empresa (SIGMA, en él se puede ver el flujo de material, las actividades de los diferentes departamentos (mantenimiento, calidad, toolroom, almacén...) etc.) en caso de haber problemas o inconsistencias se me reportaba directamente, de esta forma podía realizar el procedimiento correspondiente dependiendo de la situación que se presentara.

3. Identificación de los cuellos de botella en el proceso

Se realizó un diagnóstico previo con el equipo de mejora continua con el propósito de desarrollar los mapeos de la cadena de valor de cada familia de productos, esto con el objetivo general de identificar los cuellos de botella del proceso. De la misma forma, mensualmente de acuerdo a la demanda de los clientes se identificaron los procesos que ralentizan el flujo productivo, se identificaron con señalética y se reporta a producción para poder aplicar acciones de contención.

4. Seguimiento a las ideas de mejora de los operadores

Mensualmente se revisa el Buzón de Ideas de Mejora, se analiza cada una a detalle, se eligen las que son factibles y se evalúan con el equipo multidisciplinario correspondiente para su validación, si son aceptadas, se premia al operador de la idea de mejora ganadora, posteriormente se implementa y se monitorea su funcionalidad. En caso de no ser aprobada la idea de mejora, se realiza el feedback correspondiente al operador responsable.

5. Planeación, desarrollo y seguimiento de eventos Kaizen

Encargado de realizar la agenda y plan de eventos kaizen del segundo semestre del 2024 para cumplir con el objetivo anual (8 eventos kaizen/año). Se realiza el análisis previo de acuerdo al VSM (bombas kaizen) y el cascadeo de los paretos para poder asignar un orden de prioridad. Todo esto es con el objetivo de incrementar la productividad y el valor agregado de la empresa.

6. Actualización de ayudas visuales y trabajo estándar

Se valida la autenticidad y funcionalidad de las ayudas visuales de cada operación al igual que el trabajo estándar de cada una. Primeramente, se realiza un análisis con el titular de cada operación y en caso de haber alguna modificación o actualización, se desarrolla el protocolo establecido para llevar a cabo el proceso correspondiente (actualizar o modificar).

7. Seguimiento y aseguramiento de las 6's

Aseguramiento diario del orden y limpieza en cada una de las operaciones mediante el desarrollo de caminatas gemba. Al encontrar hallazgos, al igual que las auditorias, se delegan acciones correctivas para asegurar que se resuelvan las no conformidades encontradas.

8. Realización de auditorías 6's, trabajo estándar...

Encargado de auditar mensualmente las 6's en cada una de las operaciones y departamentos de la planta. Utilizando un checklist para obtener una calificación por área, retroalimentar a cada una en los hallazgos encontrados y delegar tareas a los supervisores para el desarrollo de acciones correctivas de los problemas encontrados. Actualización mensual de gráficas internas de la empresa.

9. Validar cambios de modelo

Verificar en piso productivo la correcta realización de los cambios de modelo de acuerdo al estándar establecido, así como asistencia a los operadores para atención de Toolroom y liberación de Calidad llevando un control para asegurar que se cumplan los tiempos establecidos.

10. Monitoreo de los KPIS de la empresa

Monitorear diariamente el comportamiento de los KPIS de la empresa: scrap, entregas a almacén de PT, OAE, OEE, MTTR, MTBF, Hora/hora, llamados ANDON. El monitoreo de los indicadores tiene la finalidad de identificar tendencias y entender el comportamiento del proceso ante una serie de eventos diversos. De la misma forma, me encargo de desarrollar semanalmente reportes que engloban estos indicadores para el posterior análisis de los reportes por parte de los diferentes departamentos incluidas las gerencias.

11. Seguimiento y aseguramiento de los puntos para la certificación P3

Posterior a la visita del Director de Mejora Continua de Americas, se me delega la responsabilidad de dar seguimiento a los hallazgos del auditor y asegurar que se cumplan los puntos del checklist para que la empresa se pueda certificar (certificación P3, cert. interna del corporativo) satisfactoriamente en noviembre 2024 con el nivel de Bronce (nivel plata tentativo).

12. Monitoreo diario de lotes en proceso

Asegurar que se esté produciendo solo lo que se necesita, en la cantidad que se necesita y en el momento que se necesita. Verificando que coincida lo que está en digital con lo que está realmente en el piso productivo.

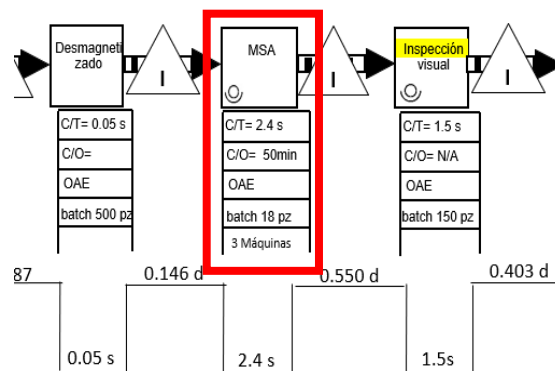
13. Stock de seguridad de cada proceso

Balancear el flujo de material en el piso productivo, asegurando el WIP mínimo para que las operaciones no se detengan. Todo esto, respecto al VSM de cada familia de producto. De esta forma se aseguran las entregas a tiempo y se reducen los costos por el inventario en proceso.

3.2 Diagnóstico

De acuerdo al diagnóstico realizado en base al mapeo del flujo de valor del proceso (estado actual) se detectó una serie de factores y actividades que afectaban de manera directa e indirecta al correcto flujo de la operación en la línea MSA (VSM del estado actual. Anexo #):

1. Tiempos de cambio de modelo largos (promedio de ± 3 cambios / día)
2. Fuerza de trabajo desbalanceada
3. Deficiencia en el sistema de producción (inventarios, diseño de sistema, flujo de material, balanceo de capacidad)
4. Falta de trabajadores con habilidad
5. Exceso de movimientos innecesarios
6. Defectos de calidad (scrap)
7. Tiempo muerto en las 3 máquinas
8. OEE – OAE bajos (debajo del 60%)
9. Deficiencia en la planeación de la producción y control de sistemas (control prioritario, estándares, programación, planeación de capacidad)



Ilustración, VSM del estado actual

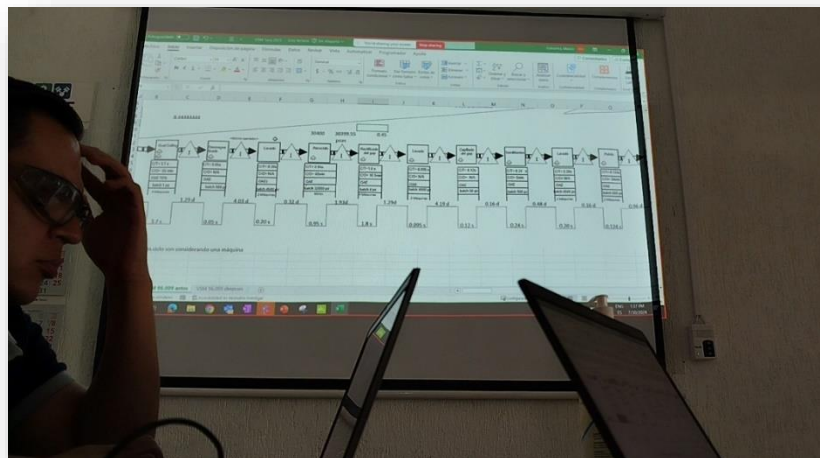


Ilustración. Desarrollo y análisis del VSM del edo. actual del proceso productivo

3.3 Implementación de la metodología SMED para el cambio de modelo en línea MSA

Claves para preparación rápida

Reconocer el hecho de que existen dos elementos diferentes y esenciales en la preparación es crucial para las reducciones del tiempo del operador.

Preparación interna:

Lo que debe hacerse mientras la máquina está parada; como el remover o unir los dados.

Preparación externa:

Lo que puede hacerse mientras la máquina está operando; por ejemplo, regresar los dados al almacén después de usarse y traer nuevos dados a la máquina.

Categorías de las operaciones en las actividades de preparación

Preparación, ajuste y revisión de las funciones:

En materiales, herramientas, dados, guías, calibradores y dispositivos de unión. Esto asegura que todos los aspectos necesarios estén a la mano y funcionando.

Unir y quitar partes:

Tales como herramienta, dado, guías y calibradores.

Condiciones de centrado, posicionamiento y dimensionamiento:

Centrado de herramientas, guías y calibradores; determinación de la dimensión correcta y posicionamiento de condiciones varias como temperatura y presión.

Pruebas y ajustes:

Los productos son fabricados y revisados para determinar si el centrado y dimensionamiento necesita ajuste.

El tiempo típico que consumen estas actividades antes de las mejoras son:

- Preparación y revisión del funcionamiento 30%
- Unir y quitar partes 5%
- Centrado, dimensionado y ajustes de condiciones 15%
- Procesos y ajustes de prueba 50%

Los tiempos de preparación se reducen significativamente, cuando los elementos internos sólo incluyen aspectos que deben realizarse cuando una máquina está parada.

Las funciones internas y externas que deben ser desmenuzadas en elementos y mejoradas, al analizar la función y propósito de cada una.

Principios para cambios rápidos

1. Diferenciar entre la preparación interna y la externa.
2. Separación de los elementos externos e internos y eliminar elementos de tiempo de cambio
3. Cambiar todos los elementos internos, como sea posible, a elementos externos.
4. Reducir o compactar los elementos internos restantes para mejorar aún más el Tiempo de cambio.
5. Reducir o compactar los elementos externos para reducir costo, tiempo, energía, etc.

Etapas del sistema SMED

Propósito: utilizar un proceso disciplinado paso por paso, una gráfica de cambio rápido, y el involucramiento del equipo para la reducción de tiempo.

Paso por Paso:

1. Distinguir entre elementos internos y externos. Separar los tiempos de cambio externos de los internos.
2. Analizar lo que se está haciendo en el proceso de cambio.
3. Escribir ideas para cambiar elementos internos a externos.
4. Escribir ideas para reducir los elementos internos.
5. Escribir ideas para reducir los elementos externos.
6. Decidir cuáles ideas probar y adoptar.
7. Preparar para un cambio utilizando nuevas ideas y realizar el próximo cambio.
8. Documentar completamente las acciones y nuevos procedimientos estándar.

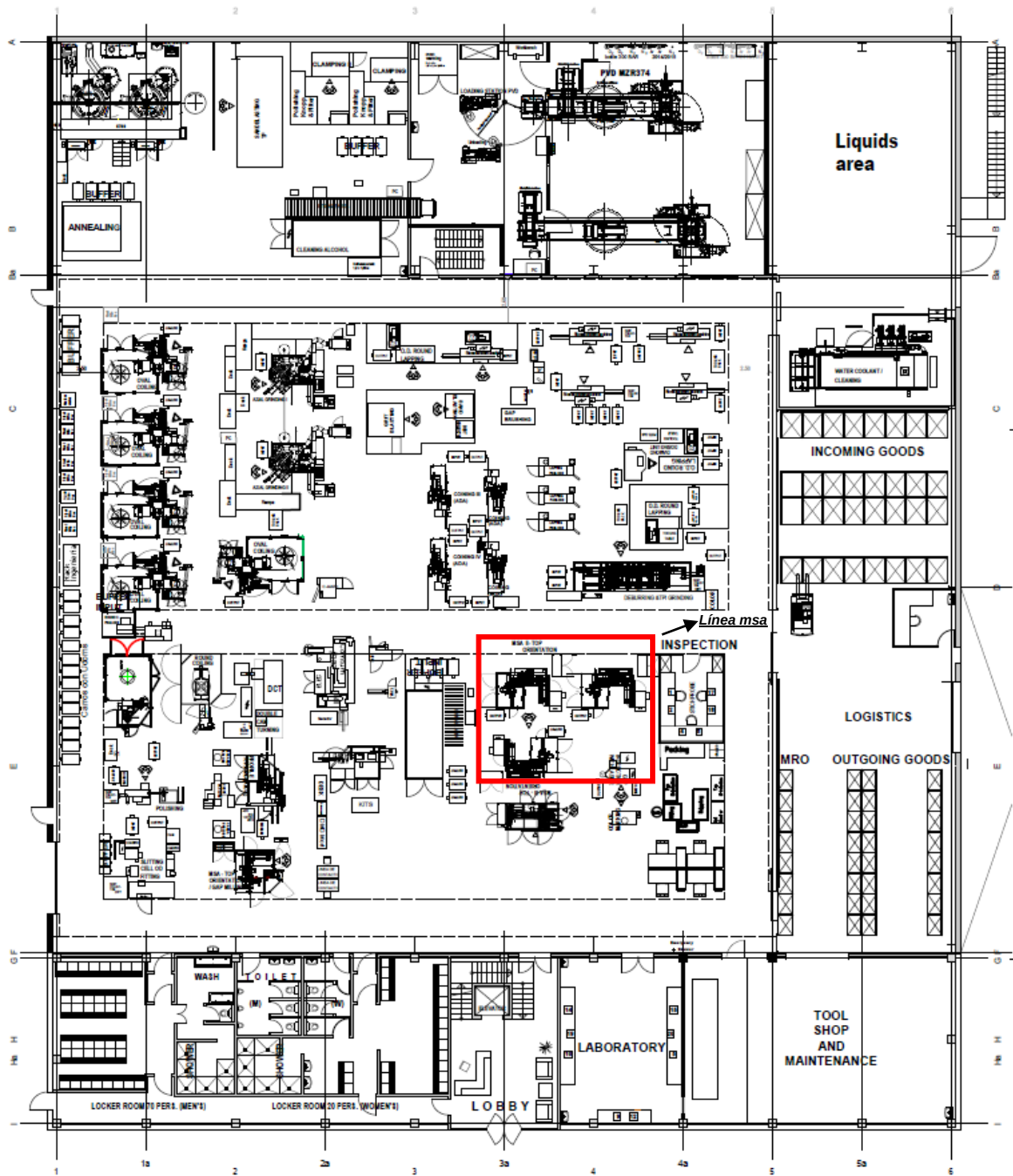


Ilustración. Lay Out actual Planta Anillos – Ubicación de línea MSA

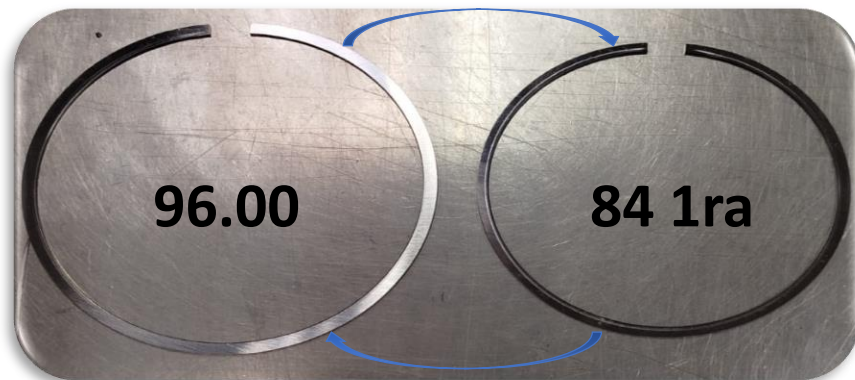
Observar y documentar el proceso actual de cambio de modelo (análisis situación actual)

Esta operación es de las últimas operaciones en el proceso, se considera cómo una fase crítica, en ella se inspeccionan y se agregan diversas características críticas de los anillos como:

→ **Inspección de Altura axial:** grosor del anillo o altura que permite estabilidad en el pistón a través de la ondulación y se determina dependiendo del diseño de la ranura del pistón.

→ Inspección de Twist, inspección de Barril y orientación de material.

Se identificó que mayormente las dificultades y las fallas de mantenimiento se producían cuando se hacía el cambio de modelo de un diámetro grande a un chico (viceversa).



Formación del equipo multidisciplinario

Cómo primer paso de un proyecto lean, se formó el equipo del evento kaizen. El equipo se consideró como uno de alto desempeño, debido a que se compuso de una serie de profesionales de los distintos departamentos de la empresa:



Ilustración – Fotografía del equipo

Manuel Marquez → Operador Titular MSA
Jennifer Velazquez → Operadora Titular MSA
Paola Aparicio → Operadora Titular MSA
Marco Gutierrez → Mejora Continua
Luis Fuentes → Mejora Continua
Alan Osorio → Mejora Continua
Rigoberto Juárez → Mantenimiento
Humberto Fuentes → Mantenimiento
Maricarmen Lopez → Calidad
Carlos Ramirez → Gerente de Producción & Mtto
Alejandro Gayosso → Producción
Antonio Abrego → Procesos

Se capacitó al equipo involucrado en los siguientes temas, impartidos por los integrantes mencionados a continuación:

- ✓ 7 desperdicios → Luis Fuentes
- ✓ Visual management → Alan Osorio
- ✓ 5`s → Antonio Abrego
- ✓ OAE - OEE → Carlos Ramírez
- ✓ Est. del trabajo → Alejandro Gayosso
- ✓ SMED → Humberto Fuentes

Análisis del estado actual



1. Como parte de la etapa preliminar del evento se entrenó al equipo en los temas correspondientes para que cada miembro reforzara sus conocimientos en materia de mejora continua.
2. Posteriormente se plantearon distintos puntos con respecto a las diversas actividades que afectan la disponibilidad, el desempeño y la calidad del producto durante los cambios de modelo, como lo son:
 - Deficiencia en la planeación de la producción
 - Fallas de mantenimiento durante el cambio:
 - Operador atiende a las otras máquinas durante el cambio
 - Falta de herramental para el cambio
 - Herramental inadecuado para realizar el cambio
 - Sistema 5's ineficiente para el cambio de modelo
 - Estado actual de las máquinas inadecuado
 - Demora para intervenir los departamentos de calidad y mantenimiento

Procedimiento para cambio de modelo MSA (antes)

Actividades realizadas en piso productivo

Fueron llevadas a cabo para el análisis del estado actual del proceso de cambio de modelo y evidenciar cada actividad que afectaba a la operación:

3.3.2 Fase 2 - Identificar actividades internas & externas

Sub-Actividad	Tiempo de inicio	Tiempo de término	
Llamada de SMED en CRONOS	0:04:00	0:04:00	External
Disponer de la herramienta necesaria	0:04:00	0:06:00	External
Colocar pintura en taza y mascara	0:06:00	0:07:00	External
Cambiar sujetador de descarga y tope(solo si se requiere)	0:07:00	0:07:15	External
Colocar un paquete de diez anillos en el área de carga	0:07:15	0:08:05	External
Bajar estaciones y quitar medias conchas	0:08:05	0:08:35	External
Dar de baja orden	0:08:35	0:10:05	External
Dar de alta orden	0:10:05	0:11:05	External
Vaciar máquina (retirar anillos)	0:11:05	0:13:05	External
Cambiar pintura	0:13:05	0:13:55	External
Cambiar cuña y pusher	0:13:55	0:15:25	Internal
Ajustar correctamente estación 1 de acuerdo a EVPA076 y EPVANG2	0:15:25	0:18:40	Internal
Llevar anillos de manera manual hasta la estación de Closed Gap (Estación 5)	0:18:40	0:20:25	Internal
Realizar ajuste del barril (Estación 3)	0:20:25	0:21:15	Internal
Realizar ajuste de altura axial (Estación 3) de acuerdo al manual	0:21:15	0:22:35	Internal
Realizar ajuste de closed gap (Estación 5) de acuerdo al manual	0:22:35	0:27:45	Internal
Verificar que pieza L sea correcta y de ser necesario hacer el cambio	0:27:45	0:30:00	Internal
Realizar ajuste de marcado láser	0:30:00	0:35:30	Internal
Realizar ajuste de posmos (altura a la que toma el anillo)	0:35:30	0:36:30	Internal
Realizar ajuste de pintura	0:36:30	0:38:20	Internal
Poner la máquina a HOME	0:38:20	0:39:10	Internal
Iniciar producción	0:39:10	0:39:16	Internal

Actividades internas: 12

Actividades externas: 10

Tiempo teórico de cambio: 39 min

De acuerdo al procedimiento de cambio actual, un cambio de modelo se realiza en 39 min (tiempo teórico). El tiempo teórico definitivamente no se cumplía debido a la serie de factores que se mencionaron anteriormente.

Toma de tiempos de cambio por operador

Tiempos antes

Stopwatch		
01:52:24.89		
03	+ 12:32.23	01:12:17.81
02	+ 39:35.89	59:45.58
01	+ 20:09.69	20:09.69
JENNY SMED		

01:13:12.87		
22 : 14 : 39		
PAOLA SMED		
Vuelta	Tiempos parciales	Tiempo total
06	03:31.67	50:58.48
05	01:34.36	47:26.81
04	02:37.29	45:52.45
03	07:31.80	43:15.16
02	23:31.76	35:43.36

MANUEL SMED
16:20 Inicia
17:28 Calidad libera

Tiempos por operador (antes)

01:13:12.87		
22 : 14 . 39		
PAOLA SMED		
Vuelta	Tiempos parciales	Tiempo total
06	03:31.67	50:58.48
05	01:34.36	47:26.81
04	02:37.29	45:52.45
03	07:31.80	43:15.16
02	23:31.76	35:43.36

Tiempo de ajuste: 50:58:48 min

Acción	Tiempo de respuesta
Respuesta Toolroom	12:26 min
Tiempo entrega de material	10 seg
Respuesta Calidad	9 min
Ajuste de camaras	4:40 min
Respuesta Calidad	4 min
Tiempo de liberación	14 min

Stopwatch		
01:52:24.89		
03	+ 12:32.23	01:12:17.81
02	+ 39:35.89	59:45.58
01	+ 20:09.69	20:09.69
JENNY SMED		

Tiempo de ajuste: 112 min

Acción	Tiempo de respuesta
Respuesta Toolroom	20 min
Tiempo entrega de material	10 seg
Respuesta Calidad	12 min
Ajuste de camaras	5 min
Tiempo de liberación	20 min
Fallas Mtto → Tornillo y sensor	57 min

MANUEL SMED
16:20 Inicia
17:28 Calidad libera

Acción	Tiempo de respuesta
Respuesta Toolroom	12 min
Tiempo entrega de material	20 min
Respuesta Calidad	10 min
Ajuste de camaras	9 min
Tiempo de liberación	17 min

Histórico del monitoreo de tiempos en cambio de modelo

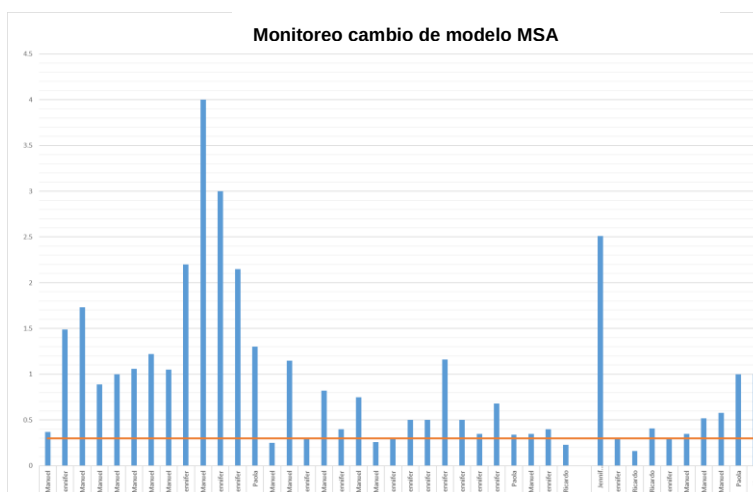


Ilustración. Grafica de monitoreo de tiempos de cambios de modelo línea MSA

Como se puede observar en la gráfica, cada cambio de modelo se encuentra por encima del tiempo teórico, se monitorearon a todos los operadores realizando el cambio de modelo, incluyendo a los titulares de la operación, así como a los demás operadores que se encuentran dados de alta en MSA.

Se detectó un factor interesante, como se puede ver en la gráfica, hay algunos que hicieron los cambios por debajo del tiempo teórico. Se habló con ellos para identificar las mejores prácticas que realiza cada uno, enlistándolas para implementarlas en el estado futuro del cambio de modelo.



Sistema 5's antes del evento Kaizen



Ilustración. Evidencia de 5's en la estación de MSA

Como se puede observar en las fotografías, se detecta evidente desorden en la estación, el herramental fuera de lugar, sin etiquetado ni delimitación. Claramente esta situación afecta de manera directa a la operación, especialmente al momento del cambio de modelo, al no tener clasificado y en desorden el herramental el operador no puede ejecutar de manera adecuada sus actividades.

Indicadores de desempeño antes del Kaizen en MSA



Ilustración. Evidencia #1 KPIS's – Pantalla de operación MSA

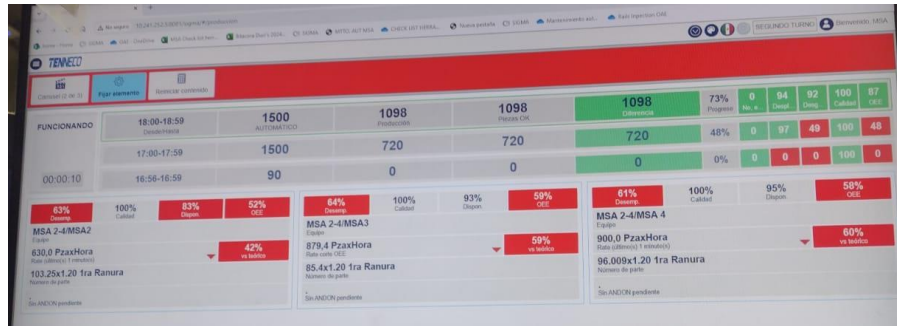


Ilustración. Evidencia #2 KPIS's – Pantalla de operación MSA

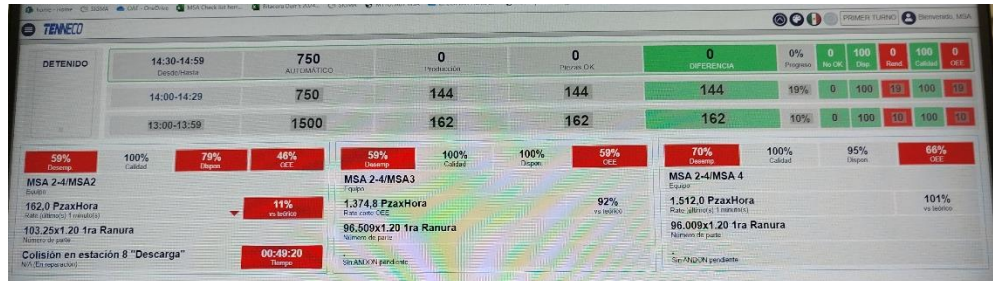


Ilustración. Evidencia #3 KPIS's – Pantalla de operación MSA

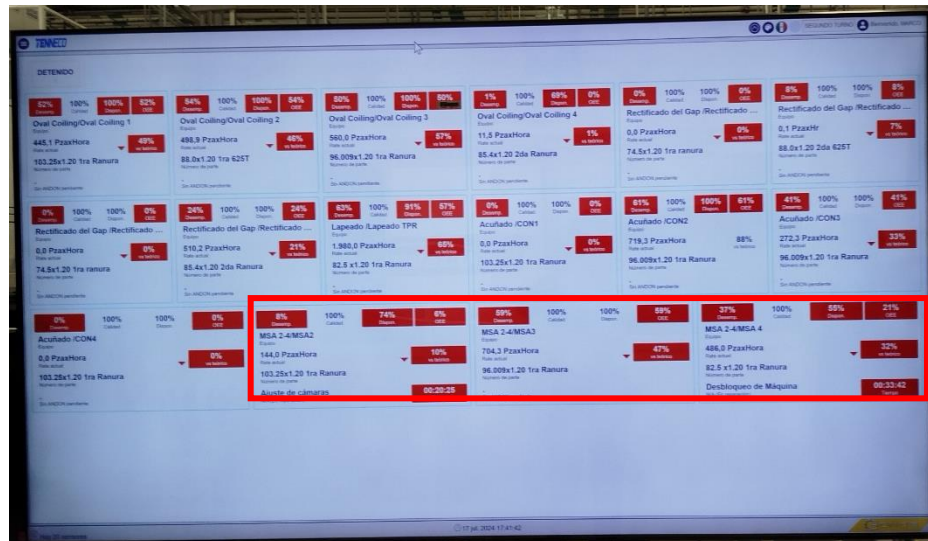


Ilustración. Evidencia #4 KPIS's – Pantalla de principal

Como se puede observar en las fotografías, esa evidencia se recolectó a lo largo de varias semanas (7semanas) que demuestran la situación en la que se encontraba la operación. El OEE se encontraba siempre debajo del 60% - 70%. Claramente esos números no corresponden a los de una empresa de clase mundial. De esa forma, las gerencias de producción, calidad y logística se vieron obligadas a trabajar junto con el equipo de mejora continua para atacar a los diversos factores que afectaban de manera directa a la línea MSA, principalmente la perdida por cambios de modelo.

HOJA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES



Secuencia No.	Descripción de la actividad actual	Tiempo (min)	Distancia (m)	Interna	Externa	Hechos adicionales, comentarios, ideas de mejora, etc...
1	Realiza llamado en SIGMA - SMED-camaras	1.1253	4.7	x		MSA3 parada
2	Descarga barra de MSA2	0.2719	5	x		MSA3 parada
3	Coloca barra de MSA2 en carrito	0.0359	1.1	x		MSA3 parada
4	Interviene máquina (abre guardas)	0.1391	3	x		MSA3 parada
5	Consigue barra	0.0991	3.1	x		
6	Descarga barra de MSA3	0.1328	2.7	x		
7	Interviene MSA4	0.4647	6	x		
8	Interviene MSA3 (ajusta con mando)	0.2069	7.3	x		
9	Alimenta MSA2	0.1013	1.7	x		
10	Descarga barra de alimentación MSA3	0.5581	3	x		
11	Interchangea lote	0.3712	15	x		
12	Interviene pantalla MSA3	0.1407	1.8	x		
13	Alimenta MSA4	0.3375	11	x		
14	Retira de tasa y mascara MSA3	0.4015	0.5	x		Solo retira htta
15	Quita sujetadores MSA3	0.2978	0.5	x		Solo los quita, no los cambia
16	Retira medias conchas	0.4234	0.5	x		Estación de Closed Gap
17	Ajusta estación 1 MSA3	0.4003	0.5	x		
18	Entrega htta y material a mtto	0.1950	3.1	x		
19	Alimenta MSA4	0.3090	11	x		MSA3 parada
20	Ajusta MSA3 con control	0.1618	0.5	x		
21	Alimenta MSA2	0.2504	4.7	x		MSA3 parada
22	Ajusta estación 5-8 MSA3	0.3375	0.5	x		
23	Retira anillos de estación 8 MSA3	0.2575	11.4	x		MS3 parada - Realiza desplazamiento
24	Cambia teflón de MSA3	2.0194	11.4	x		Mtto entrega material
25	Verifica herramental de MS3	1.0481	14.62	x		Realiza desplazamiento
26	Cambio de pusher y cuña guía MSA3	0.5081	0.5	x		Estación 1 MSA3
27	Coloca sujetadores	0.5057	0.5	x		Realiza ajuste de htta y coloca en MSA3
28	Llena la tasa de pintura	0.5634	30	x		Llena tasa de pintura en Insp. Muestral
29	Alimenta MSA2	0.2525	3.4	x		
30	Coloca tasa y mascara MSA3	0.2659	0.5	x		Cierra guardas
31	Alimenta MSA4	0.3063	11	x		
32	Alimenta MSA3 con barra	0.3666	3.1	x		Ajusta con control y abre guardas
33	Ajusta estación 1 MSA3	1.2890	0.5	x		
34	Llevar anillos hasta estación de Closed Gap	1.1938	0.5	x		Con control y se abren guardas
35	Realiza juste a estación de Closed Gap	0.4647	2.3	x		Realiza desplazamiento
36	Alimenta MSA2	0.1338	5.2	x		Realiza desplazamiento
37	Da de baja y alta la orden	0.5972	1	x		
38	Inicia ajuste estación 3 MSA3	0.4712	1	x		Inicia ajuste de altura axial
39	Alimenta MSA2	0.2885	5.2	x		Deja barra en el carrito
40	Continúa con ajuste estación 3 MSA3	0.2515	2.6	x		
41	Alimenta MSA4	0.1538	11	x		
42	Interviene MSA3 (ajusta con mando)	0.3750	1.3	x		Se cierran y abren guardas
43	Realiza ajuste de Closed Gap MSA3	1.3175	0.5	x		Se cierran guardas
44	Realiza ajuste a MSA3 con control	0.4553	0.5	x		Se abren guardas, realiza ajuste con control
45	Ajusta estación de Closed Gap	0.1875	0.5	x		
46	Alimenta MSA4	0.3072	11	x		
47	Ajusta estación de Closed Gap	0.5821	0.5	x		
48	Alimenta MSA2	0.2000	5.2	x		
49	Ajusta estación de Closed Gap	0.2572	5.2	x		
50	Alimenta MSA4	0.2581	11	x		
51	Ajusta estación de Closed Gap	2.3703	0.5	x		Cierra guardas
52	Realiza ajuste a MSA3 con control	1.1978	0.5	x		Abre guardas
53	Retira anillos de MSA3	0.1215	1	x		Se presenta falla de mtto Est Closed Gap
54	Alimenta MSA'S	8.4953	30	x		MSA3 parada por camaras - MSA2 parada - Tiempo ocioso
55	Interviene calidad - Scrap y ajuste de camaras	3.1484	11	x		Vaciado de Scrap - Tiempo ocioso
56	Verifica laser	1.5384	13.2	x		Operadora verifica laser con plantilla
57	Ajusta laser	1.5157	8.6	x		
58	Realiza ajuste final	1.2465	7.6		x	OPERADORA TERMINA CAMBIO
59	En espera de liberación por calidad	5.1634	0	x		Tiempo ocioso - atiende MSA'S
60	Liberación de lote	16.5675	10.6	x	x	Liberación por calidad - Tiempo ocioso - atiende MSA'S
	TOTAL	63.0029	321.62	59	2	

Ilustración. Hoja de registro de actividades, proceso de cambio de modelo (antes)

De acuerdo a la hoja de registro de actividades del proceso de cambio de modelo se registraron 60 actividades, 59 actividades internas y 2 externas realizadas durante 63 minutos, todo registrado en fotografía y video.

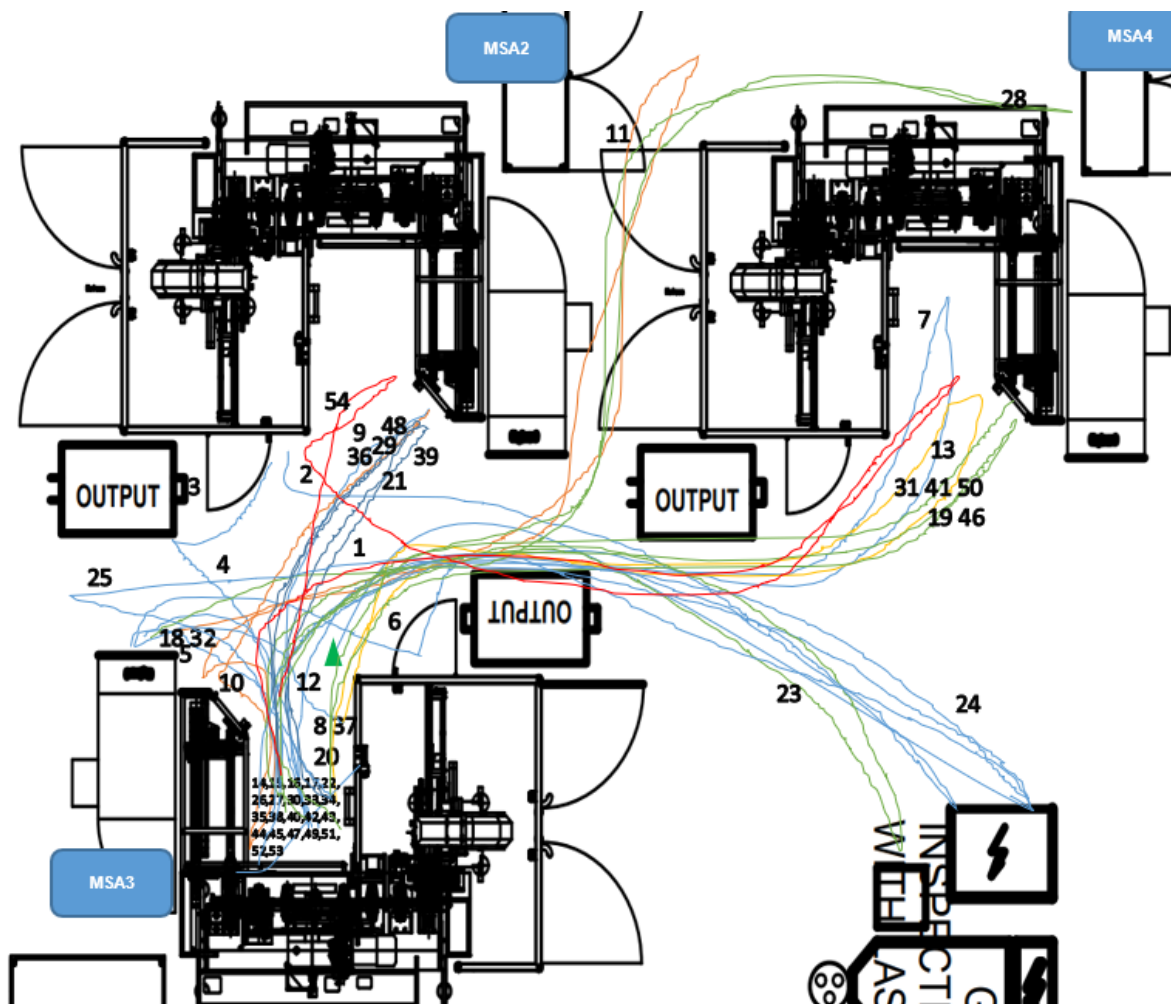


Ilustración. Diagrama de spaghetti de cambio de modelo (antes)

De acuerdo al diagrama de spaghetti realizado en base a la hoja de registro de actividades, las 60 actividades realizadas por la operadora se llevaron a cabo en 63 minutos, recorriendo 321.62 metros durante el cambio de modelo.

Análisis de Operaciones del Cambio de Herramientas



Máquina #		MSA3		De		A		Después del Análisis Kaizen				
Parte#:		96.009		84 1ra		Área / Departamento						
						Categorías de cambio			Producción		Metas plan de mejora	
Paso No.	Elemento de Cambio	Minutos	Segundos	Transcurrido	Interna	Externa	Desperdicio	Plan de mejora		Eliminar	Int/Ext	Reducir
1	Realiza llamado en SIGMA - SMED-camaras	1	0.1253	1.1253	x						X	
2	Descarga barra de MSA2		0.2719	1.3972	x			Segundo operador realiza actividad		X		
3	Coloca barra de MSA2 en carrito		0.0359	1.4331	x			Segundo operador realiza actividad		X		
4	Interviene máquina (abre guardas)		0.1391	1.5722	x			Segundo operador realiza actividad		X		
5	Consigue barra		0.0991	1.6713	x			Segundo operador realiza actividad		X		
6	Descarga barra de MSA3		0.1328	1.8041	x							X
7	Interviene MSA4		0.4647	2.2688	x			Segundo operador realiza actividad		X		
8	Interviene MSA3 (ajusta con mando)		0.2069	2.4757	x							X
9	Alimenta MSA2		0.1013	2.5770	x			Segundo operador realiza actividad		X		
10	Descarga barra de alimentación MSA3		0.5581	3.1351	x							
11	Intercambia lote		0.3712	3.5063	x			Segundo operador realiza actividad		X		
12	Interviene pantalla MSA3		0.1407	3.6470	x							X
13	Alimenta MSA4		0.3375	3.9845	x			Segundo operador realiza actividad		X		
14	Retira de tasa y mascara MSA3		0.4015	4.3860	x					X		
15	Quita sujetadores MSA3		0.2978	4.6838	x					X		
16	Retira medias conchas		0.4234	5.1072	x					X		
17	Ajusta estación 1 MSA3		0.4003	5.5075	x							
18	Entrega htta y material a mtto		0.1950	5.7025	x			Mtto entrega material antes de iniciar SMED				X
19	Alimenta MSA4		0.3090	6.0115	x			Segundo operador realiza actividad		X		
20	Ajusta MSA3 con control		0.1618	6.1733	x							X
21	Alimenta MSA2		0.2504	6.4237	x			Segundo operador realiza actividad		X		
22	Ajusta estación 5-8 MSA3		0.3375	6.7612	x							
23	Retira anillos de estación 8 MSA3		0.2575	7.0187	x							
24	Cambia teflón de MSA3	2	0.0194	9.0381	x					X		
25	Verifica herramental de MS3	1	0.0481	10.0862	x			Mtto entrega htta correcta		X		
26	Cambio de pusher y cuña guía MSA3		0.5081	10.5943	x							
27	Coloca sujetadores		0.5057	11.1000	x							
28	Llena la tasa de pintura		0.5634	11.6634	x			Mtto entrega la tasa con pintura		X		
29	Alimenta MSA2		0.2525	11.9159	x			Segundo operador realiza actividad		X		
30	Coloca tasa y mascara MSA3		0.2659	12.1818	x							
31	Alimenta MSA4		0.3063	12.4881	x			Segundo operador realiza actividad		X		
32	Alimenta MSA3 con barra		0.3666	12.8547	x						X	
33	Ajusta estación 1 MSA3	1	0.2890	14.1437	x							X
34	Llevar anillos hasta estación de Closed Gap	1	0.1938	15.3375	x							
35	Realiza ajuste a estación de Closed Gap		0.4647	15.8022	x							
36	Alimenta MSA2		0.1338	15.9360	x			Segundo operador realiza actividad		X		
37	Da de baja y alta la orden		0.5972	16.5332	x							
38	Inicia ajuste estación 3 MSA3		0.4712	17.0044	x							
39	Alimenta MSA2		0.2885	17.2929	x			Segundo operador realiza actividad		X		
40	Continua con ajuste estación 3 MSA3		0.2515	17.5444	x					X		
41	Alimenta MSA4		0.1538	17.6982	x			Segundo operador realiza actividad		X		
42	Interviene MSA3 (ajusta con mando)		0.3750	18.0732	x							
43	Realiza ajuste de Closed Gap MSA3	1	0.3175	19.3907	x					X		
44	Realiza ajuste a MSA3 con control		0.4553	19.8460	x					X		
45	Ajusta estación de Closed Gap		0.1875	20.0335	x					X		
46	Alimenta MSA4		0.3072	20.3407	x			Segundo operador realiza actividad		X		
47	Ajusta estación de Closed Gap		0.5821	20.9228	x					X		
48	Alimenta MSA2		0.2000	21.1228	x			Segundo operador realiza actividad		X		
49	Ajusta estación de Closed Gap		0.2572	21.3800	x					X		
50	Alimenta MSA4		0.2581	21.6381	x			Segundo operador realiza actividad		X		
51	Ajusta estación de Closed Gap	2	0.3703	24.0084	x					X		
52	Realiza ajuste a MSA3 con control	1	0.1978	25.2062	x					X		
53	Retira anillos de MSA3		0.1215	25.3277	x							
54	Alimenta MSA'S	8	0.4953	33.8230	x			Segundo operador realiza actividad		X		
55	Interviene calidad - Scrap y ajuste de camaras	3	0.1484	36.9714	x			Calidad adopta el sentido de urgencia				X
56	Verifica laser	1	0.5384	38.5098	x						X	
57	Ajusta laser	1	0.5157	40.0255	x			Se reduce tiempo de ajuste				X
58	Realiza ajuste final	1	0.2465	41.2720		x					X	
59	En espera de liberación por calidad	5	0.1634	46.4354	x			Se carga tiempo muerto a calidad		X		
60	Liberación de lote	16	0.5675	63.0029		x		Calidad adopta el sentido de urgencia			X	X
					59	2				34	5	9

Ilustración. Análisis de operaciones del cambio de herramientas

SIN SMED	
VALOR AGREGADO	11.78
AJUSTES	22.69
DESPERDICIO	29.51
TOTAL	63.98

De acuerdo al análisis de operaciones del cambio de herramientas se puede obtener una visión a detalle de cada uno de los pasos realizados durante un cambio de modelo convencional en la línea MSA.

Se monitoreo el procedimiento de cambio actual, detectando una serie de factores cómo:

→ Operador solo, atendiendo las 2 máquinas operando mientras realiza cambio de modelo en la tercera máquina

→ Movimientos innecesarios (Desperdicio):

Se detectó que los operadores realizaban una serie amplia de movimientos que no agregan valor al procedimiento de cambio de modelo, aumentando el tiempo de montaje.

→ Exceso de transportes (Desperdicio):

Durante el cambio de modelo la operadora recorrió más de 100 metros durante un solo cambio de modelo.

→ Tiempo de espera (Desperdicio):

El operador espera un promedio de ± 15 minutos para la intervención de los departamentos de mantenimiento y calidad (3-5 intervenciones que se deben realizar durante un solo cambio de modelo).

- Mantenimiento: para surtir el herramental para el cambio de modelo, para reparar o ajustar las máquinas en caso de ser necesario.
- Calidad: Vaciado de scrap, apagado de camaras, ajuste de camaras y liberación de lote.

→ Procesos innecesarios (Desperdicio):

Al igual que los movimientos innecesarios se detectaron una serie de pasos que podrían ser ejecutados por los operadores sin necesidad de esperar la intervención de los departamentos de calidad y mantenimiento. En total se contabilizan 34 actividades que pueden ser eliminadas, incluyendo ajustes y actividades que no generan valor agregado (desperdicio).

→ Comunicación deficiente (Desperdicio):

Este problema tiene origen en la ineficiencia que existe en el sistema de planeación de la producción.

→ Defectos (Desperdicio)

→ Ergonomía inadecuada (Desperdicio)

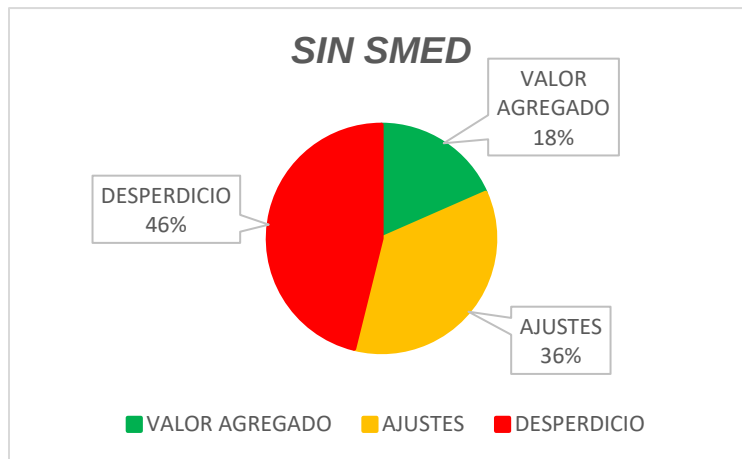


Ilustración. Análisis de la operación cambio de modelo sin SMED

En base al registro de actividades y al análisis de operaciones del cambio de herramientas se ve reflejado que las actividades que no agregan valor, denominadas como desperdicio, predominan en un 46% el procedimiento de cambio de modelo. Los ajustes, actividades que no agregan valor (en ciertos pasos) pero son necesarias ocupan un 36% durante un cambio, dejando con un 18% a las operaciones de valor agregado, que son estas actividades que impactan directamente al producto y positivamente al procedimiento de cambio.

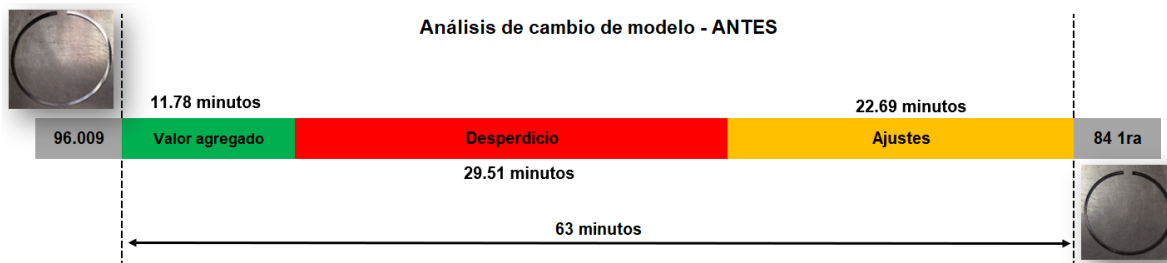


Ilustración. Análisis de cambio de modelo – Antes de SMED

De acuerdo al análisis de operaciones se detectan:

- 34 actividades desperdicio
- 5 actividades que se pueden convertir (internas a externas), esto se debe a la naturaleza de las máquinas
- 9 actividades que pueden ser reducidas
- 321.62 metros recorridos durante un cambio de modelo
- 29.51 minutos de actividades denominadas desperdicio
- 22.69 minutos de ajustes (en su mayoría innecesarios)

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO - CAMBIO DE MODELO LINEA MSA								
Hoja N° 1 De: 2 Diagrama N°: 1		Operar:	Paola	Maqui:	MSA3			
Proceso:		RESUMEN						
Fecha: 30 / 09 / 24		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.		
El estudio Inicia: Línea MSA			Operación	24				
Método: Actual: X Propuesto: _____			Transporte	19				
Producto: Anillos para pistón 96.009 --> 84 1ra			Inspección	2				
Nombre del operario: Paola P. Aparicio			Demora	15				
Elaborado por: Alan Osorio			Almacenaje	0				
Tamaño del Lote: 8,000 piezas		Total de Actividades realizadas			60			
		Distancia total en metros			322			
		Tiempo min/hombre			1			
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
1	Realiza llamado en SIGMA - SMED-camaras	4.7	1.1					
2	Descarga barra de MSA2	5.0	0.3					
3	Coloca barra de MSA2 en carrito	1.1	0.0					
4	Interviene máquina (abre guardas)	3.0	0.1					
5	Consigue barra	3.1	0.1					
6	Descarga barra de MSA3	2.7	0.1					
7	Interviene MSA4	6.0	0.5					
8	Interviene MSA3 (ajusta con mando)	7.3	0.2					
9	Alimenta MSA2	1.7	0.1					
10	Descarga barra de alimentación MSA3	3.0	0.6					
11	Intercambia lote	15.0	0.4					
12	Interviene pantalla MSA3	1.8	0.1					
13	Alimenta MSA4	11.0	0.3					
14	Retira de tasa y mascarar MSA3	0.5	0.4					
15	Quita sujetadores MSA3	0.5	0.3					
16	Retira medias conchas	0.5	0.4					
17	Ajusta estación 1 MSA3	0.5	0.4					
18	Entrega hta y material a mto	3.1	0.2					
19	Alimenta MSA4	11.0	0.3					
20	Ajusta MSA3 con control	0.5	0.2					
21	Alimenta MSA2	4.7	0.3					
22	Ajusta estación 5-8 MSA3	0.5	0.3					
23	Retira anillos de estación 8 MSA3	11.4	0.3					
24	Cambia teflón de MSA3	11.4	2.0					
25	Verifica herramental de MS3	14.6	1.0					
26	Cambio de pusher y cuña guía MSA3	0.5	0.5					
27	Coloca sujetadores	0.5	0.5					
28	Llena la tasa de pintura	30.0	0.6					
29	Alimenta MSA2	3.4	0.3					
30	Coloca tasa y mascarar MSA3	0.5	0.3					
31	Alimenta MSA4	11.0	0.3					
32	Alimenta MSA3 con barra	3.1	0.4					
33	Ajusta estación 1 MSA3	0.5	1.3					
34	Llevar anillos hasta estación de Closed Gap	0.5	1.2					
35	Realiza ajuste a estación de Closed Gap	2.3	0.5					
36	Alimenta MSA2	5.2	0.1					
37	Da de baja y alta la orden	1.0	0.6					
38	Inicia ajuste estación 3 MSA3	1.0	0.5					
39	Alimenta MSA2	5.2	0.3					
40	Continua con ajuste estación 3 MSA3	2.6	0.3					
41	Alimenta MSA4	11.0	0.2					
42	Interviene MSA3 (ajusta con mando)	1.3	0.4					
43	Realiza ajuste de Closed Gap MSA3	0.5	1.3					
44	Realiza ajuste a MSA3 con control	0.5	0.5					
45	Ajusta estación de Closed Gap	0.5	0.2					
46	Alimenta MSA4	11.0	0.3					
47	Ajusta estación de Closed Gap	0.5	0.6					
48	Alimenta MSA2	5.2	0.2					
49	Ajusta estación de Closed Gap	5.2	0.3					
50	Alimenta MSA4	11.0	0.3					
51	Ajusta estación de Closed Gap	0.5	2.4					
52	Realiza ajuste a MSA3 con control	0.5	1.2					
53	Retira anillos de MSA3	1.0	0.1					
54	Alimenta MSA'S	30.0	8.5					
55	Interviene calidad - Scrap y ajuste de camaras	11.0	3.1					
56	Verifica laser	13.2	1.5					
57	Ajusta laser	8.6	1.5					
58	Realiza ajuste final	7.6	1.2					
59	En espera de liberación por calidad	0.0	5.2					
60	Liberación de lote	10.600	16.568					
Tiempo Minutos: 1.1		m	321.6	63.0	s			

Resumen del Coursograma Analítico (antes):

- 24 operaciones → 12.8 minutos → 65.6 metros
- 19 transportes → 15.5 minutos → 191.9 metros
- 2 inspecciones → 18.068 minutos → 23.8 metros
- 15 demoras → 16.9 minutos → 40.2 metros

4. RESULTADOS

4.1 Fase 3 – Sustituir lo interno de lo externo

Después del Análisis Kaizen			
Área / Departamento	Metas plan de mejora		
Producción	Eliminar	Int/Ext	Reducir
Plan de mejora			
		X	
Segundo operador realiza actividad	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
			X
Segundo operador realiza actividad	X		
			X
Segundo operador realiza actividad	X		
			X
Segundo operador realiza actividad	X		
	X		
	X		
	X		
Mtto entrega material antes de iniciar SMED			X
Segundo operador realiza actividad	X		
			X
Segundo operador realiza actividad	X		
	X		
Mtto entrega htta correcta	X		
Mtto entrega la tasa con pintura	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
		X	
			X
Segundo operador realiza actividad	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
	X		
	X		
	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
	X		
	X		
Segundo operador realiza actividad	X		
Calidad adopta el sentido de urgencia			X
		X	
Se reduce tiempo de ajuste			X
		X	
Se carga tiempo muerto a calidad	X		
Calidad adopta el sentido de urgencia		X	X
	34	5	9

Ilustración. Propuestas de mejora durante el análisis de operaciones

De acuerdo a los análisis previos del método convencional de cambio de modelo, se propuso un plan de mejora que incluye una serie de aspectos que, en base a lo observado, ayudarían a reducir el tiempo de montaje, las demoras, trasportes y ajustes durante un cambio de modelo:

→De acuerdo al plan de producción se entregaría a inicio de turno los cambios de modelo programados.

→Intervención de un segundo operador durante un cambio.

→Toolroom entregaría herramental para cada cambio de modelo programado con anticipación.

→Se designaría a un técnico de calidad y mantenimiento para atender al SMED.

→Se tendrá que monitorear cada cambio de modelo, después del evento Kaizen, asegurando que se cumplan los tiempos objetivo.

→Desarrollo de un estándar enfocado a las necesidades de cada operador.

Tiempos por operador (después)

Tiempos Manuel

Stopwatch		
41:56.88		
04	+ 04:19.33	41:56.16
03	+ 14:22.75	37:36.83
02	+ 03:18.14	23:14.08
01	+ 19:55.94	19:55.94
MANI SMED MEJORA		

Tiempo de ajuste: 21 min

Acción	Tiempo de respuesta
Respuesta Calidad	6 min
Ajuste de camaras	10 min
Respuesta Calidad Liberación	3 min
Tiempo de liberación	5 min

Tiempos Jennifer

Stopwatch		
54:41.78		
04	+ 07:25.38	54:41.23
03	+ 07:42.06	47:15.85
02	+ 04:35.54	39:33.79
01	+ 34:58.25	34:58.25
JENNY SMED MEJORA		

Tiempo de ajuste: 33 min

Acción	Tiempo de respuesta
Respuesta Calidad	10 min
Respuesta Calidad Liberación	3 min
Tiempo de liberación	17 min

Tiempos Paola

Stopwatch		
33:29.62		
02	+ 15:41.60	33:26.47
01	+ 17:44.87	17:44.87
SMED PAOLA MEJORA		

Tiempo de ajuste: 17:44 min

Acción	Tiempo de respuesta
Respuesta Calidad Liberación	1 min
Tiempo de liberación	16 min

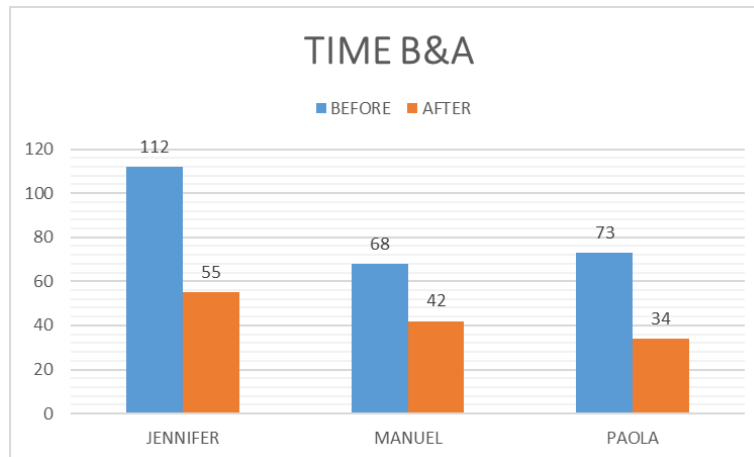


Ilustración. Gráfica de comparación de tiempos B&A evento Kaizen

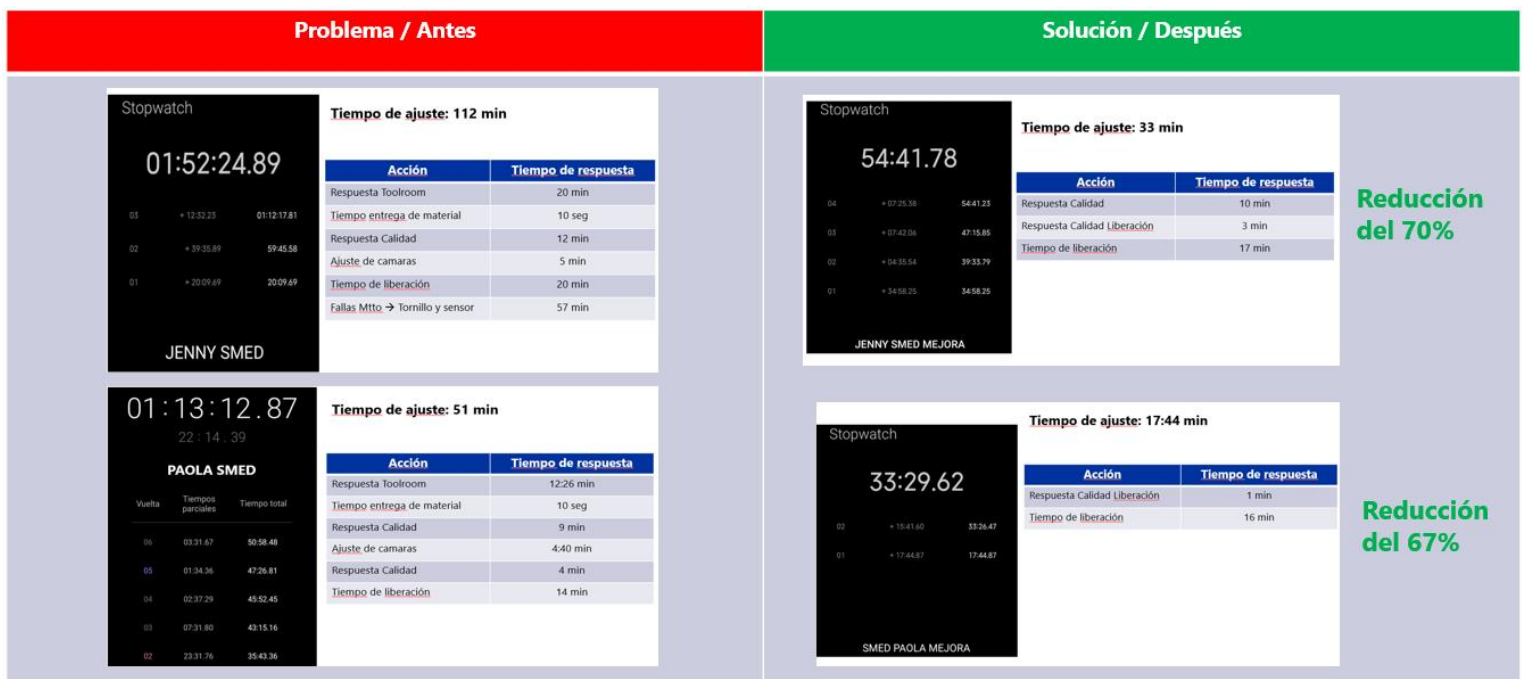


Ilustración. Comparación de tiempos e impacto positivo

En base a los análisis previos, las propuestas de mejora fueron implementadas, observando un impacto positivo de $\pm 70\%$ inmediato en los tiempos de montaje de cada operador.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO - CAMBIO DE MODELO LINEA MSA									
Hoja N° 2 De: 2 Diagrama N°: 2				Operar. Paola		Maqui. MSA3			
Proceso:			RESUMEN						
Fecha:			SÍMBOLO		ACTIVIDAD		Act.	Pro.	Econ.
El estudio Inicia: Línea MSA					Operación		24	18	-25%
Método: Actual: _____ Propuesto: X					Transporte		19	0	-100%
Producto: Anillos para pistón 96.009 --> 84 1ra					Inspección		2	5	150%
Nombre del operario: Paola P. Aparicio					Espera		15	0	-100%
Elaborado por: Alan Osorio					Almacenaje		0	0	0%
Tamaño del Lote: 8,000 piezas			Total de Actividades realizadas				60	23	-62%
			Distancia total en metros				322	28.9	-91%
			Tiempo min/hombre				1	0.4	-61%
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
									
1	Llamado de SMED en SIGMA	5.9	0.15	●					
2	Llamado para Apagado de Camaras y Vaciado de SCRAP	0.0	0.10	●					
3	Vaciar máquina (retirar anillos)	5.8	0.30	●					
4	Surtir material para cambio de modelo	0.0	5.00	●					
5	Preparar material	0.0	0.50	●					
6	Cambiar pintura (montar pintura nueva)	0.5	0.45	●					
7	Cambiar sujetadores	0.0	1.30	●					
8	Cargar anillos (Area de carga)	0.5	0.20	●					
9	Dar de baja la orden y dar de alta nueva orden	0.5	1.00	●					
10	Retirar medias conchas (Estación de Closed Gap) y verificar pieza L	0.5	0.45	●					
11	Cambiar pusher y cuña guía (Estación 1)	0.0	1.30	●					
12	Ajustar correctamente estación 1 de acuerdo a EVPA076 y EPVA092	0.0	1.45	●					
13	Intervención para Apagado de Camaras y Vaciado de Scrap	0.0	1.30	●			●		
14	Llevar anillos de manera manual hasta la estación de Closed Gap (Estación 5)	0.0	1.00	●					
15	Posicionar anillo con pieza L (Estación de Closed Gap)	0.0	0.30	●					
16	Realizar ajuste del barril (Estación 2)	0.0	0.30	●					
17	Realizar ajuste de altura axial (Estación 3) de acuerdo al manual	0.0	0.30	●					
18	Realizar ajuste de closed gap (Estación 5) de acuerdo al manual	0.0	2.45	●					
19	Realizar ajuste de marcado láser	8.6	0.30	●					
20	Revisar laser y pintura	5.6	1.00				●		
21	Llamado para Ajuste de Camaras y Liberación	1.0	0.15				●		
22	Intervención para Ajuste de Camaras y Liberación	0.0	5.00				●		
23	Validar cambio de modelo	0.0	0.30				●		
Tiempo Minutos: 0.4		m	28.9	s	24.6				

Ilustración. Cursograma analítico del proceso

Resumen del Cursograma Analítico (después):

- 18 operaciones → 16.85 minutos → 22.3 metros
- 5 inspecciones → 7.75 minutos → 6.6 metros

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act	Pro.	Econ.
	Operación	24	18	-25%
	Transporte	19	0	-100%
	Inspección	2	5	150%
	Espera	15	0	-100%
	Almacenaje	0	0	0%
Total de Actividades realizadas		60	23	-62%
Distancia total en metros		322	28.9	-91%
Tiempo min/hombre		1	0.4	-61%

Ilustración. Resumen del cursograma analítico propuesto

En base a los aspectos considerados y el impacto positivo que se obtuvo, se determinó e implementó el procedimiento en el cursograma analítico propuesto.

Teniendo una serie de puntos considerables:

- ✓ Reducción en el # de operaciones de un **25%**.
En este punto quiero hacer énfasis que el total de operaciones en un método de cambio convencional era aproximadamente de ± 60 actividades por un solo cambio de modelo. Teniendo en cuenta esto se redujo solamente a un total de 23 actividades, reduciendo en esta parte en un **62%**.
- ✓ Se eliminaron los transportes, considerados como desperdicio.
- ✓ Se eliminaron los tiempos de espera, considerados como desperdicio.
- ✓ La distancia recorrida total en metros se redujo en un **91%**.

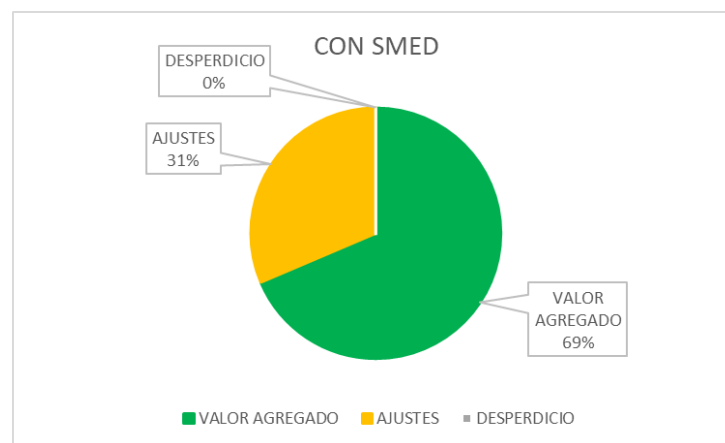


Ilustración. Análisis de la operación cambio de modelo con SMED

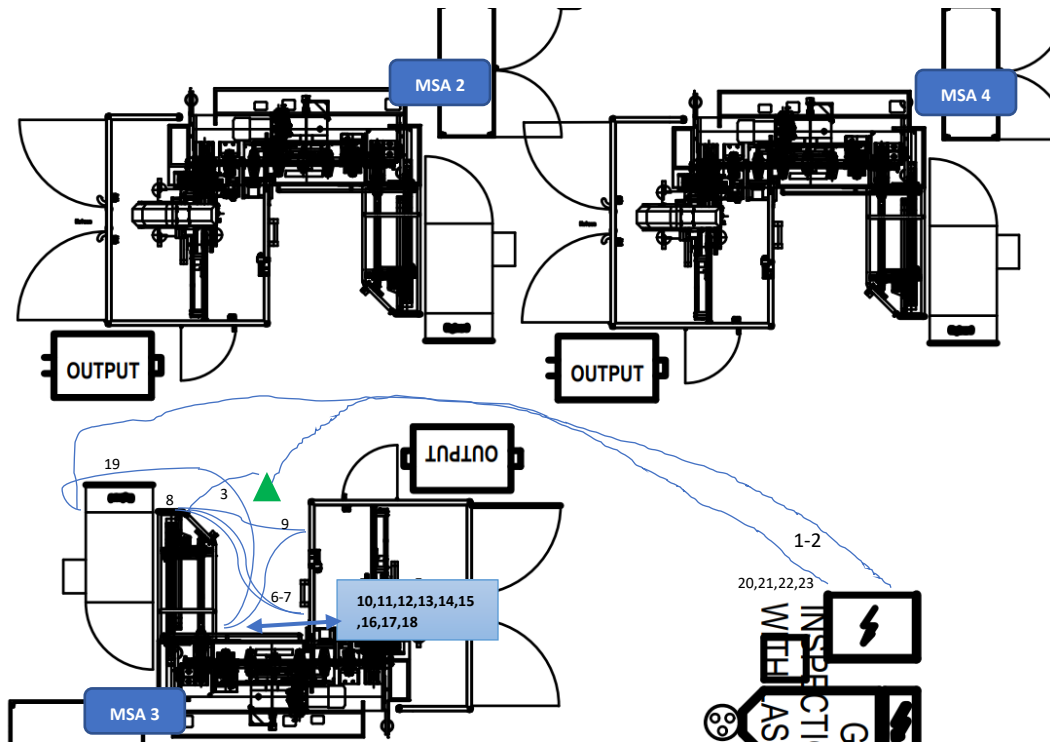


Ilustración. Diagrama de spaghetti de cambio de modelo (después)

Posteriormente al análisis efectuado y las mejoras implementadas los operadores recorren un promedio de ± 30 metros en cada cambio de modelo, en base al nuevo método establecido, reduciendo la distancia del procedimiento tradicional un 91%. Se eliminaron distancias recorridas (transporte) y movimientos innecesarios que no agregaban valor al procedimiento de cambio al igual que al producto.

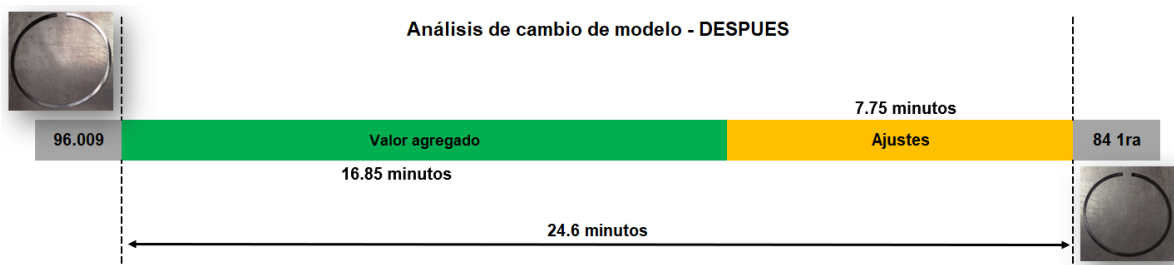


Ilustración. Análisis de cambio de modelo – Después de SMED

En base a la ventana de valor, se obtiene 16.85 minutos de valor agregado durante cada cambio de modelo con el nuevo método implementado y 7.75 minutos de ajuste, considerando que son actividades que no agregan valor agregado al procedimiento, pero son necesarias para obtener un resultado final factible en el producto.

4.2 Fase 4 – Mejorar Sistema 5's después

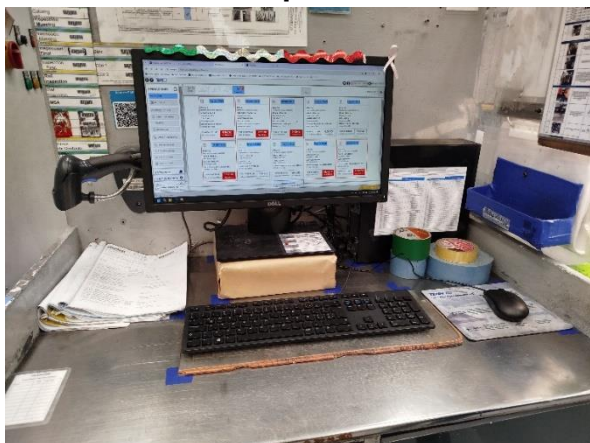


Ilustración. Sistema 5's estación MSA



Ilustración. Etiquetado de herramental

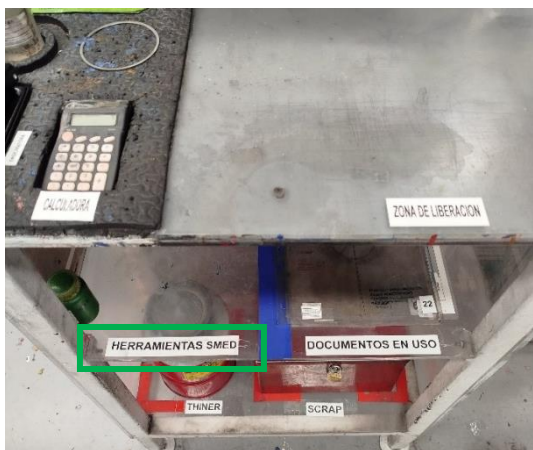
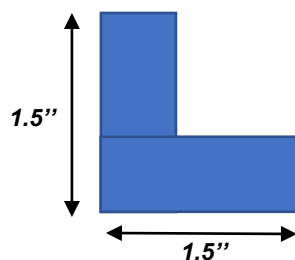


Ilustración. Etiquetado de cada área de la estación



Como pilar principal en un procedimiento de mejora continua, se definió un nuevo estándar del sistema 5's en la estación de las MSA's, considerando un espacio específico para el herramental ocupado en cada cambio de modelo. De la misma forma, se estableció un estándar para la delimitación de la estación con esquinas de cinta azul de 1.5 pulgadas, etiquetado de cada herramental y zona de la estación.

Indicadores de desempeño después del Kaizen en MSA

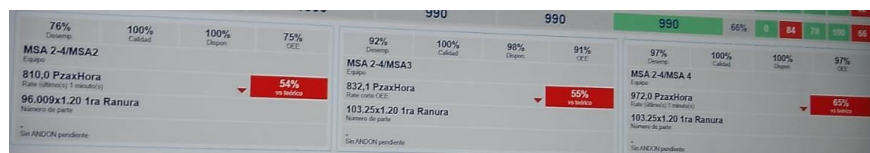


Ilustración. Evidencia #1 KPIS's – Pantalla de operación MSA

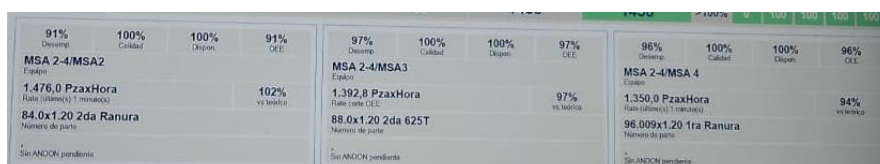


Ilustración. Evidencia #2 KPIS's – Pantalla de operación MSA

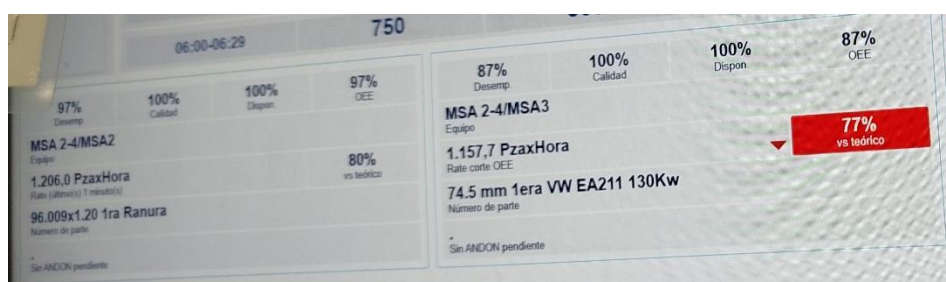


Ilustración. Evidencia #1 KPIS's – Pantalla de operación MSA

Como parte del proceso de mejora continua, se encuentra la fase de monitorear las mejoras implementadas para encontrar fallas en el nuevo método o nuevas áreas de oportunidad. En las semanas posteriores se detectó un comportamiento diferente en los indicadores de la línea, teniendo una tendencia positiva al reducir el tiempo muerto en el montaje y aumentando la productividad en el procedimiento de cambio de modelo.

Pizarrón de monitoreo SMED

SMEED MSA'S							
FECHA	OPERADOR	DIAMETRO ANTERIOR	DIAMETRO ACTUAL	HORA INICIO	HORA FINAL	COMENTARIOS	FIRMA DEL SUPERVISOR
30/08/2	Manny	103.25	96.009	9:13am	9:50am	Se realizó Cambio Sin Aguas	
30/08/24	Jennifer	92.5	96.009	4:33	6:02	Se pudo extraer material Excediendo el tiempo de extracción por cantidad de agua que se usó para poder desmenuzarse la muestra y así poder de realizar medición de C _{org} Cálculo según fórmula	Nancy Gualdo <i>[Signature]</i>
31/08/24	Manny	96.009	82.5	6:46am	8:19am	- Calidad no tiene gran variación de labor dentro de las parámetros Calidad según de Curva	Duffy <i>[Signature]</i>
31/08/24	Manny	96.009	88 ^{da}	10:21am	11:10am	- Calidad según Curvas - Liberaron Calidad	

Ilustración. Evidencia pizarrón de monitoreo SMED

El equipo de mejora continua desarrolló un método de monitoreo, colocando un pizarrón en la línea con el objetivo de recabar toda la información relevante de cada cambio de modelo, de la misma forma asegurar que el monitoreo sea visual para todos. Este pizarrón incluye:

- ✓ Fecha del cambio de modelo
- ✓ Operador que realiza el cambio de modelo
- ✓ Diámetro anterior vs actual
- ✓ Hora de inicio vs hora de termino
- ✓ Comentarios por parte del operador (para detectar alguna no conformidad)
- ✓ Firma del supervisor en turno

El equipo de mejora continua acude a cada cambio de modelo para toma de tiempos, verificar que cada departamento cumpla con las obligaciones delegadas y asegurar que cada cambio se haga en el tiempo establecido en el nuevo estándar. Al finalizar cada cambio el ingeniero de mejora continua realiza un feedback al operador y se realiza el llenado del pizarrón. Una vez que el pizarrón se encuentra totalmente lleno, el ingeniero de mejora continua recaba los datos y los transfiere a un formato de monitoreo para visualizar el comportamiento diario, semanal y mensual para verificar que los objetivos se cumplan.

Graficas Monitoreo OAE

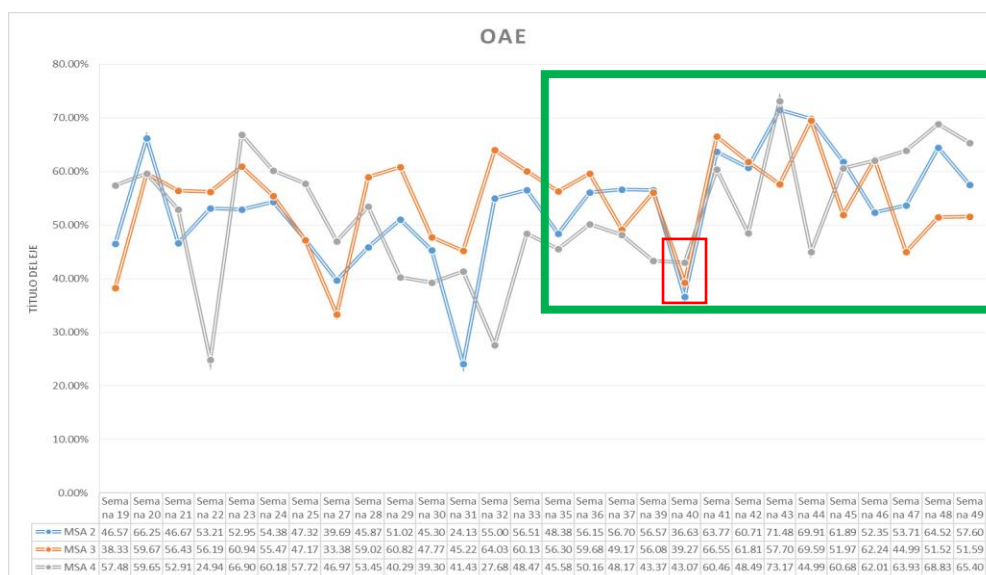


Ilustración. Gráfica de monitoreo del OAE



Ilustración. Gráfica de monitoreo OEE por unidad

El dashboard de monitoreo fue desarrollado por el departamento de mejora continua. En las gráficas se puede observar una tendencia positiva en las semanas posteriores al evento Kaizen en la línea MSA, cabe resaltar que los puntos enmarcados en rojo se deben a una semana de paro técnico por parte del corporativo. En base al análisis del monitoreo se tiene una mejora del **6.2%** posterior al Kaizen realizado en la semana 35 del 2024.

Estándar para SMED en MSA

TENNECO		INSTRUCCIÓN DE TRABAJO						Código:	
Título:		SMED CAMBIOS DE MODELO MSA II Y III				EPV1037			
Modificación 30/08/2024		Creado por: A. Osorio		Aprobado por: M. Gutierrez		Nivel de revisión 3			
Unidad de negocios: Puebla Piston Rings		Documento de referencia: EPVA076, EPVA052				Página 1			
Actividad	Núm.	Sub-Actividad	Quiso lo realiza	Herramienta	A Quiso necesita	Interfaz I/Exter	Duración	Tiempo de inicio	Tiempo de término
SMED	1	Llamado de SMED en SIGMA	Operador 1	Computadora	Técnico de toolroom y calidad "Supervisor	Externa	0:00:15	0:00:15	0:00:15
	2	Llamado para Apagado de Camaras y Vaciado de Scrap	Operador 1	Computadora	Calidad	Externa	0:00:10	0:00:15	0:00:25
	3	Vaciar máquinas (retirar anillos)	Operador 1			Externa	0:00:30	0:00:25	0:00:55
	4	Sortir material para cambio de modelo	Tool room	Tasa, macrura, media conchas, pusher, cufa guía, pintura, computadora y pieza L "Juego de llaves allen "Gaga", Llave, T3 y T5 mm		Externa	0:05:00	0:00:55	0:05:55
	5	Preparar material	Operador 1			Externa	0:00:50	0:05:55	0:06:45
	6	Cambiar pintura (montar pintura nueva)	Operador 1	Tasa, macrura y pintura		Interna	0:00:45	0:06:45	0:07:30
	7	Cambiar sujetadores	Operador 1	Llave allen 5 mm		Interna	0:01:30	0:07:30	0:09:00
	8	Pintar medias conchas (Estación de Closed Gap) y verificar pieza L (realizar cambio de ser necesario)	Operador 1	Espejo, Llave allen 5 mm, Llave allen 3 mm		Interna	0:00:45	0:09:00	0:09:45
	9	Cambiar pusher y cufa guía (Estación 1)	Operador 1	Desarmador, llave allen 5 mm		Interna	0:01:30	0:09:45	0:11:15
	10	Cargar anillos (Área de carga)	Operador 1			Interna	0:00:20	0:11:15	0:11:35
	11	Dar de baja la orden y dar de alta nueva orden	Operador 1			Interna	0:01:00	0:11:35	0:12:35
	12	Ajustar correctamente estación 1 de acuerdo a EPV0076 y EPVA052	Operador 1	Gaga, llave 0.45, T 5 mm, llave allen 3 mm, gaga de altura		Interna	0:01:45	0:12:35	0:14:20
	13	Intervención para Apagado de Camaras y Vaciado de Scrap	Calidad		Calidad	Interna	0:01:30	0:14:20	0:15:50
	14	Llevar anillos de manera manual hasta la estación de Closed Gap (Estación 5)	Operador 1			Interna	0:01:00	0:15:50	0:16:50
	15	Posicionar anillo con piezas L (Estación de Closed Gap)	Operador 1			Interna	0:00:30	0:16:50	0:17:20
	16	Realizar ajuste del barril (Estación 2)	Operador 1	T 3 mm		Interna	0:00:30	0:17:20	0:17:50
	17	Realizar ajuste de altura axial (Estación 3) de acuerdo al manual	Operador 1	gaga de 1.10 o 1 mm (altura axial del anillo)		Interna	0:00:30	0:17:50	0:18:20
	18	Realizar ajuste de closed gap (Estación 5) de acuerdo al manual	Operador 1	T 5 mm, limpura, gaga de altura		Interna	0:02:45	0:18:20	0:21:05
	19	Realizar ajuste de marcado Laser	Operador 1	Computadora		Interna	0:00:30	0:21:05	0:21:35
	20	Revisar laser y pintura	Operador 1	Pistilla para liberación		Interna	0:01:00	0:21:35	0:22:35
	21	Llamado para Ajuste de Camaras y Liberación	Operador 1	Computadora		Interna	0:00:15	0:22:35	0:22:50
	22	Intervención para Ajuste de Camaras y Liberación	Calidad	Computadora	Calidad	Interna	0:05:00	0:22:50	0:27:50
	23	Validar cambio de modelo	Calidad	Pistilla para liberación	Calidad	Interna	0:00:30	0:27:50	0:28:20

1) Operador 2 deberá eliminar las máquinas para que al operador 1 se enfoque en el cambio de modelo

2) El cierre de la ruta se deberá hacer después del cambio de modelo pero no tener la máquina detenida

3) El tiempo en la ejecución del cambio de modelo con las actividades internas

1) Operador 2 deberá alimentar las máquinas para que el operador 1 se enfoque en el cambio de modelo
2) El cierre de la ruta se deberá hacer después del cambio de modelo para no tener la máquina detenida
3) El tiempo en la ejecución del cambio de modelo con las actividades internas

Ilustración. Estándar para cambio de modelo

En base a los resultados positivos que se obtuvieron ante el evento Kaizen, las lecciones aprendidas y el monitoreo a unas semanas posteriores, el departamento de mejora continua desarrolló el nuevo estándar para el procedimiento de cambio de modelo en la línea MSA. Este estándar consta de 23 actividades, 5 actividades externas y 18 actividades internas que se realizan en 28 minutos, indicando responsable de cada actividad, herramienta y departamento involucrado.

Este nuevo estándar fue difundido por los departamentos de mejora continua de la mano con producción a los operadores y técnicos dados de alta en la línea MSA. La capacitación de los mismos fue desarrollada por el depto. de mejora continua.



Ilustración. Videos de apoyo

Cómo buena práctica se realizaron una serie de videos de acuerdo al nuevo estándar para el apoyo a los operadores y técnicos nuevos durante un cambio de modelo. Estos videos se encuentran ligados a cada paso del estándar (23 videos).

Impacto económico anual del Kaizen

Operación	MXN
Antes de MSA	\$ 11
Después de MSA	\$ 12
Antes de GAP 1	\$ 3
Después de GAP 1	\$ 4
Antes de GAP 2	\$ 6
Después de GAP 2	\$ 7

MSA (MXN x hora)	\$ 782
GAP Grinding (MXN x hora)	\$ 444

Ilustración. Costos de línea MSA

Categoría	Costo	Tiempo de implementación	Impacto	Ahorro
<u>Movimientos</u>	5,000 MXN	72 horas	<u>Incremento</u> <u>Productividad</u>	\$414,399 por año

Los resultados obtenidos fueron presentados a las diferentes gerencias por lo que el gerente de operaciones de la planta envió los datos del evento Kaizen al departamento de finanzas para poder obtener el impacto financiero anualizado del evento Kaizen realizado en la línea MSA considerando todos los aspectos económicos que interfieren en el sistema financiero de la empresa. Por lo que el departamento de finanzas comparte los resultados con la gerencia general obteniendo un total de **\$414,399** pesos mexicanos ahorrados anualmente.

5. CONCLUSION

El primer punto que sería bueno resaltar es que sin lugar a dudas el realizar las prácticas profesionales en la industria automotriz es una experiencia llena de retos, aprendizaje y superación personal profesional. Cada tarea que me fué encomendada contribuyó a reforzar mis conocimientos aprendidos durante la ingeniería. En la empresa Federal Mogul se realizan todo tipo de actividades que corresponden al perfil del ingeniero industrial, desde estudios de tiempos y movimientos hasta proyectos de lean manufacturing como el desarrollado en este periodo de residencia profesional.

El proyecto “Incremento de la productividad e indicadores clave de desempeño mediante la implementación de lean six sigma” surgió a partir de una necesidad interna de la empresa y el optimismo del residente profesional del departamento de mejora continua de demostrar al corporativo interno que si se puede alcanzar los objetivos en los indicadores internos de la empresa mediante la implementación de esta filosofía a través de establecer control dentro de su cadena de valor, específicamente en las operaciones críticas de su proceso.

Este proyecto fue una pauta para poder comenzar a desarrollar proyectos robustos dentro de Tenneco Planta Anillos, debido a que anteriormente solo se realizaban campañas de 5's, hasta este proyecto se evidenciaron múltiples áreas de oportunidad ignoradas, las gerencias obtuvieron resultados tangibles, visuales y sobre todo un ahorro económico que no pudo pasar desapercibido.

Desde el punto de vista de los diferentes departamentos de la empresa, el proyecto de SMED desarrollado en la línea MSA contribuyó al cumplimiento de los objetivos de los diferentes departamentos:

- ✓ **Mejora Continua** pudo alcanzar su objetivo principal, 8 eventos kaizen por año, (como residente estuve involucrado en cada uno) siendo este el más robusto.
- ✓ **Producción** aumento sus kpi's (OAE el más importante) estableciendo 2 líneas piloto (MSA's y Lapeado's) para la certificación interna del corporativo.
- ✓ **Calidad** impactó en la reducción de SCRAP al realizar cada cambio de modelo.
- ✓ **Mantenimiento** mejoró sus indicadores clave MTTR y MTBF al implementar de manera adecuada el SMED de la mano con el TPM.
- ✓ **Logística** mejoró su indicador clave, entregas a tiempo al almacén.
- ✓ **Gerencia general** el indicador cero reclamos del cliente.

Sin duda alguna, fue una experiencia enriquecedora.

6. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Toda experiencia en la industria es buena, sea la empresa que sea del sector que sea siempre hay algo que aprender, pero algo en lo que siempre haré énfasis es que siempre se busque una empresa que te brinde la posibilidad de enfrentar un reto día a día, una industria que te haga aplicar cada cosa aprendida durante tu carrera profesional para reforzar y mejorar tus conocimientos, sin duda las industrias del sector automotriz son un área de desarrollo gigante, pues todos los días aplicas y vives cada cosa aprendida en tu formación profesional. De mi parte me siento agradecido por la oportunidad de permitirme mejorar en los temas que a mí más me gustan de la ingeniería industrial como lo son:

Estudio del trabajo: pues nunca se termina de analizar la naturaleza de una operación productiva, desde los estudios de tiempos y movimientos, desarrollo de todo tipo de diagramas hasta el balanceo de líneas productivas.

Probabilidad y estadística: desde la regresión lineal, análisis de varianza hasta el diseño de experimentos en MINITAB.

Administración de operaciones: sin duda de mis materias favoritas, de la mano con los diferentes departamentos pude reforzar desde la planeación de la capacidad hasta la planeación de requerimientos de los materiales.

Liderazgo: siempre con un toque de psicología y persuasión está habilidad blanda la reforcé demasiado al trabajar de la mano con 130 colaboradores para desarrollar y mantener una cultura de mejora continua.

Seguridad e higiene: recibí capacitación intensiva en materia de seguridad industrial, respuesta ante emergencias y combate contra incendios práctico. Mi parte favorita en este tema fue realizar un análisis de seguridad a la línea de producción recibida de Tenneco Manitowoc.

Solo por mencionar algunas, me atrevería a decir que un 90% de lo que se aprende en la carrera profesional se implementa en una empresa automotriz.

7. FUENTES DE INFORMACIÓN

LIKER, Jeffrey. The Toyota Way Second Edition: Fourteen management principles from the world's greatest manufacturer. EE.UU.: McGraw-Hill, 2020. p.

SHINGO, Shigeo. Una revolución en la producción: el sistema SMED. Estados Unidos: Productivity Press, 1997.

10. Anexos

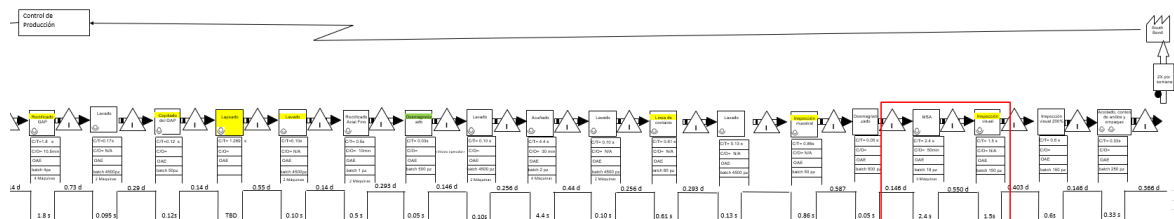


Ilustración. VSM

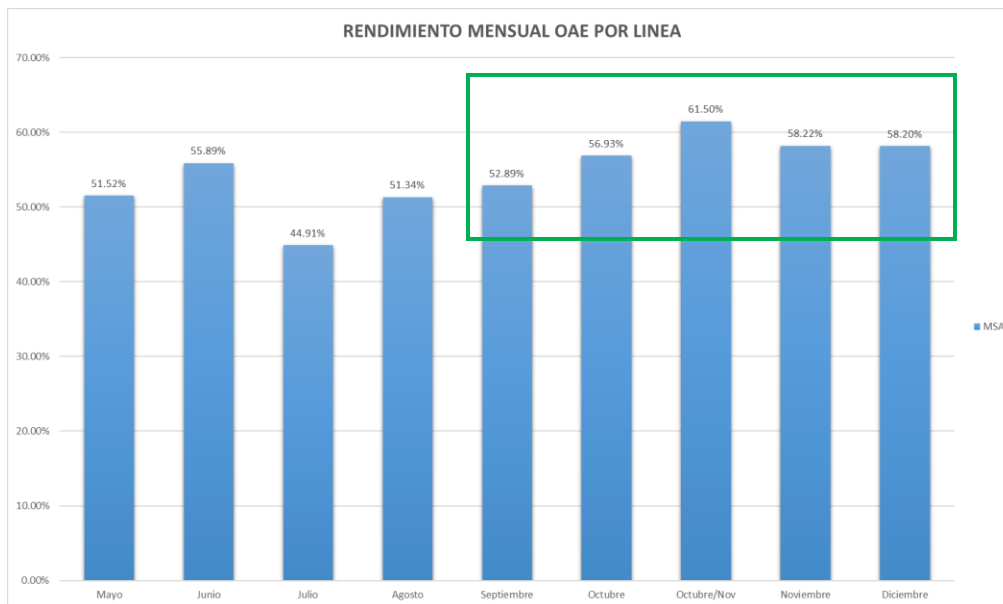


Ilustración. Gráfica de rendimiento mensual OAE

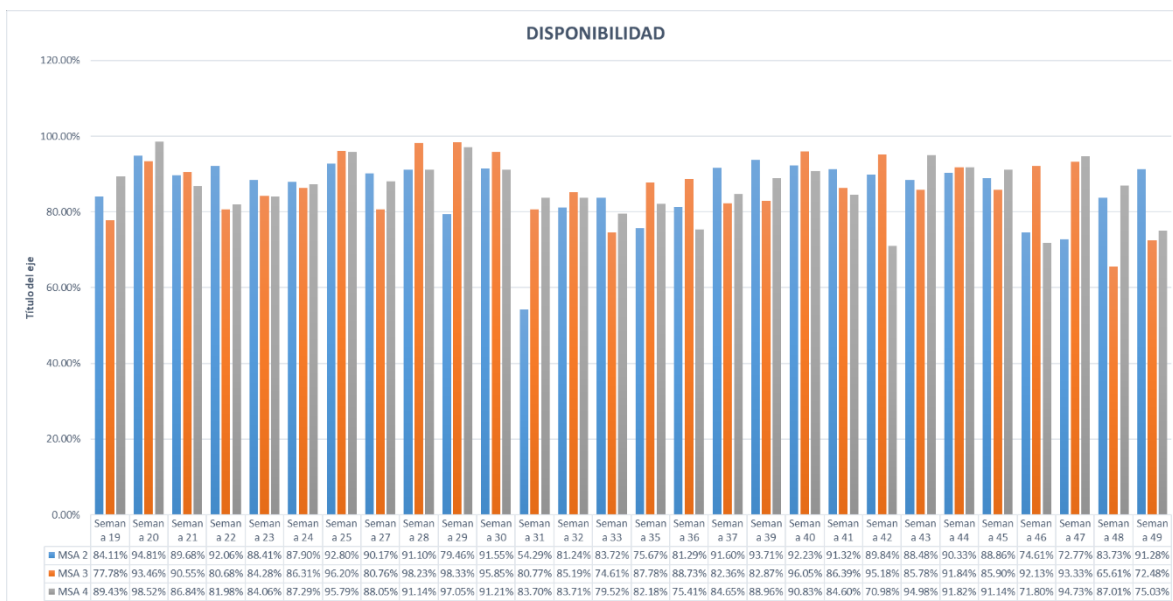


Ilustración. Gráfica de Disponibilidad

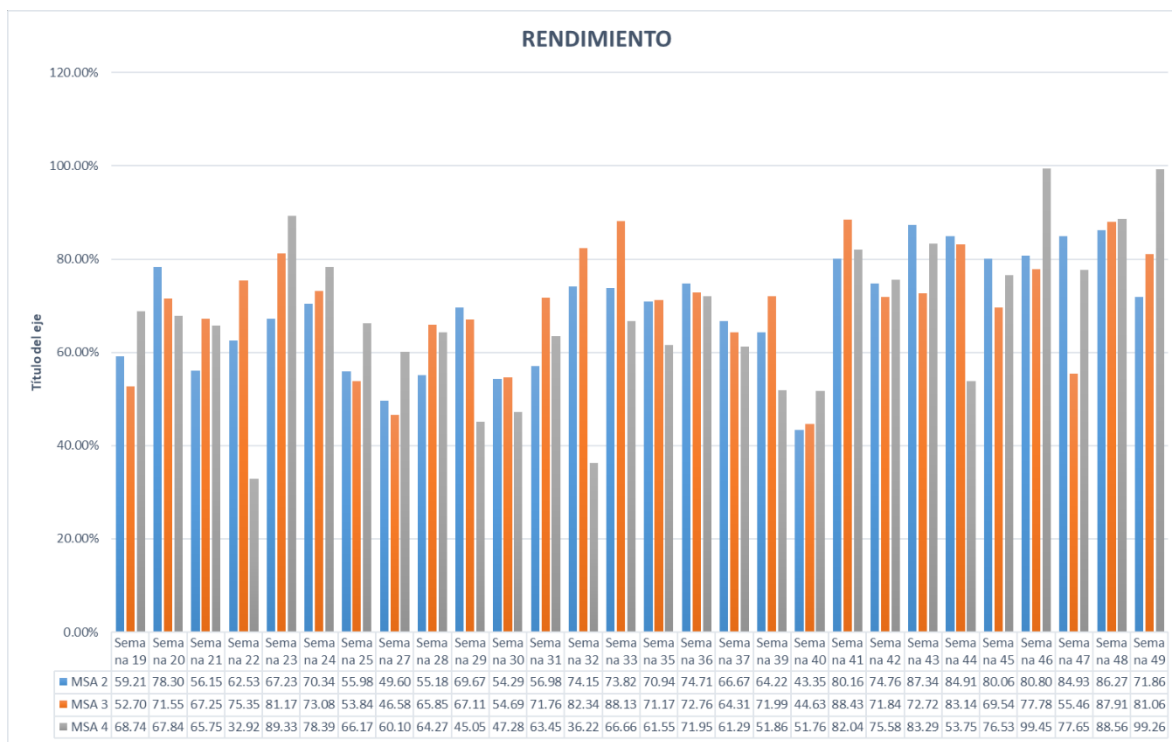


Ilustración. Gráfica de Rendimiento

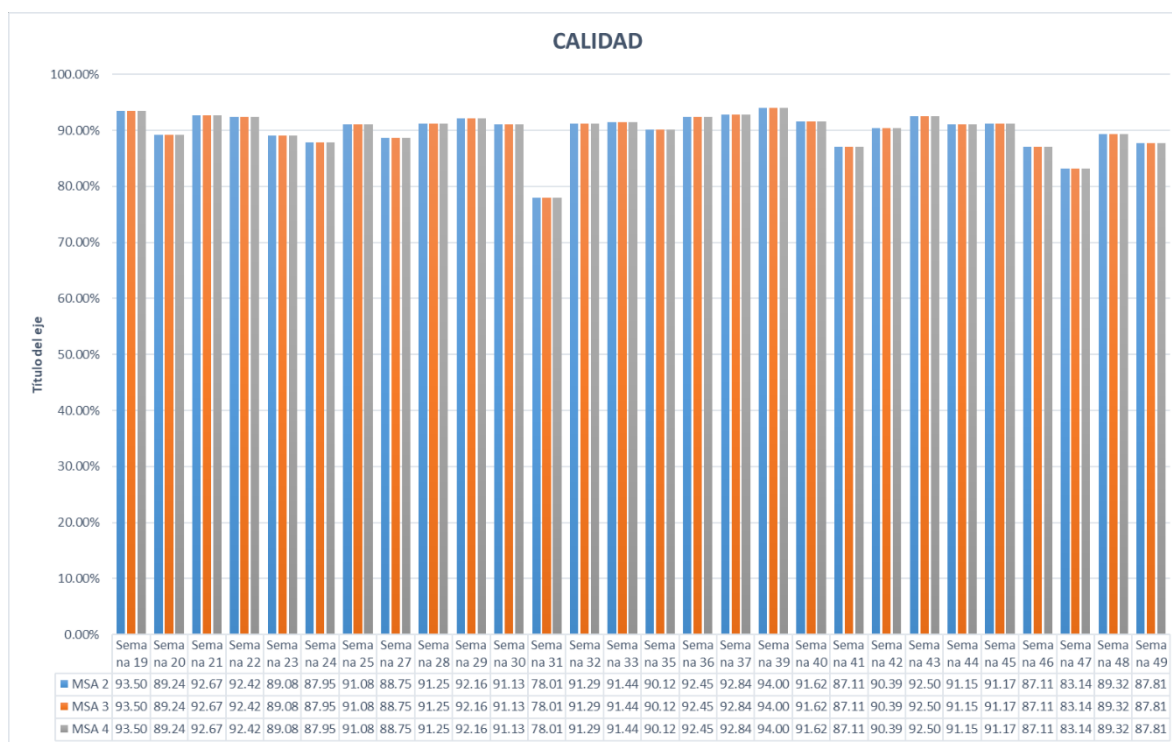


Ilustración. Gráfica de Calidad

TENNECO		MINUTA DE JUNTA Meeting Agenda	
Fecha de la reunión: 29.09.24		Líder de la reunión: MEJORA CONTINUA	
Participantes:		Meeting Leader:	
		Rings Puebla Plant: Sala de Juntas Grande	
PARTICIPANTES (Incluir Nombre y firma) Participants (Include name and signature)			
Alan Osorio Rodz [Signature] [Redacted]		[Redacted] [Redacted] [Redacted] [Redacted] [Redacted] [Redacted] [Redacted]	
No.	Acuerdos o Comentarios Agreements or comments	Responsable Responsible	Fecha Objetivo Target Date
1	KIT SMED	[Redacted]	30.09.24
2	Seguir puntos acordados durante el taller kaizen SMED MSA	[Redacted]	30.09.24
3	Dar seguimiento a cambios de modelo a partir del 30.09.2024	[Redacted]	30.09.24
4	Definición de prioridades y asegurar soporte a operador en SMED	[Redacted]	02.09.24
5	Asegurar que producción haga el llamado SMED una hora antes del cambio por medio de SIGMA	[Redacted]	02.09.24
6	Técnicos asistan a juntas de producción	[Redacted]	02.09.24
7	Hablar con auditores de calidad para que liberen si los anillos están dentro de la tolerancia y realizar comentarios SIGMA	[Redacted]	02.09.24
8	Asegurar STOCK de pintura (4 min - 6 max)	[Redacted]	02.09.24
9	Verificar factibilidad de reducir cambios SMED espontáneos (no planeados correctamente)	[Redacted]	02.09.24
10	Verificar resolución de medición MUESTRAL ST y estandarizar método de medición	[Redacted]	
11	Definir quien mide anillos una vez que se ha realizado el plan de reacción	[Redacted]	
12	Etiquetar y estandarizar botoneras de MSA	[Redacted]	15.09.24
13	Levantar tarjeta para mangueras de aire en las MSA	[Redacted]	30.09.24
14	Retroalimentación a Técnicos - Supervisores para cerrar reportes en sigma	[Redacted]	02.09.24
15	Identificar punto de arranque óptimo del tiempo ciclo (corriendo a diferente tiempo ciclo)	[Redacted]	02.09.24
16	Desplegar ayuda visual de los diámetros que pueden procesarse en cada máquina	[Redacted]	02.09.24
17	Actualizar índice de documentos de la operación MSA	[Redacted]	02.09.24
18	Quitar contención de orientar material (#2.5)	[Redacted]	02.09.24
19	Armar KIT de herramientas nuevas	[Redacted]	02.09.24
20	Solicitar espejo y pinzas muélas de goma	[Redacted]	02.09.24
21	Tener sentido de urgencia para el soporte	[Redacted]	02.09.24
22	Mejorar comunicación para soporte Operador - Supervisores	[Redacted]	02.09.24
23	Block Patrón (2.5, 1.18, 1.0.8)	[Redacted]	02.09.24

Ilustración. Minuta de junta evento Kaizen

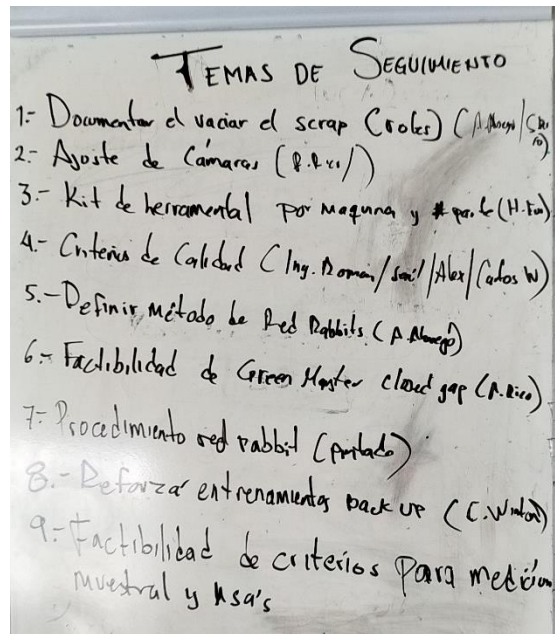


Ilustración. Temas de seguimiento evento Kaizen



Ilustración. Sistema 5's antes de evento kaizen



Ilustración. Ejecución de mejoras evento kaizen



Ilustración. Fase 3 Evento Kaizen



Ilustración. Evidencia mejora de formatos

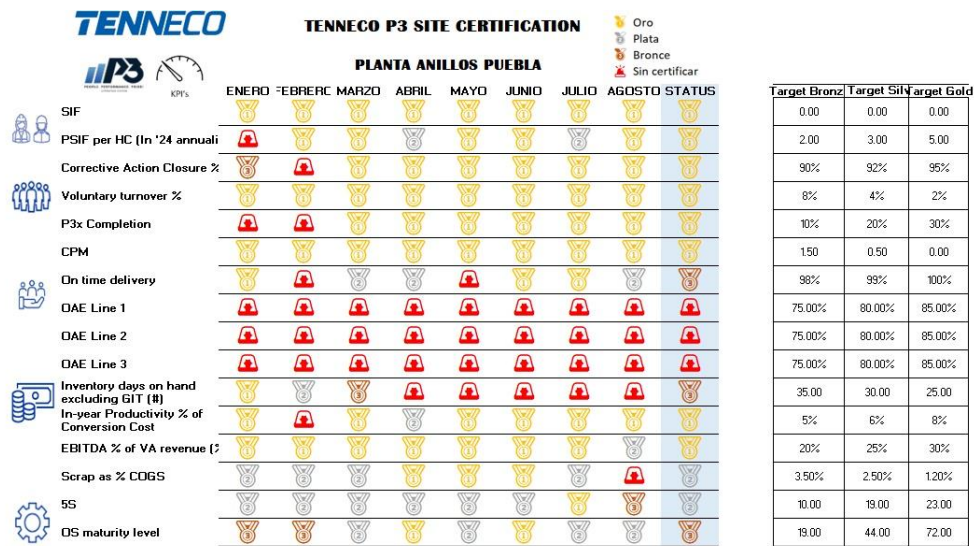


Ilustración. Seguimiento a status de P3. Certificación



Ilustración. Evidencia identificación de cuellos de botella



Ilustración. Evidencia seguimiento a indicadores (producción, mtto y MC)



Ilustración. Evidencia premiación a ideas de mejora ganadoras

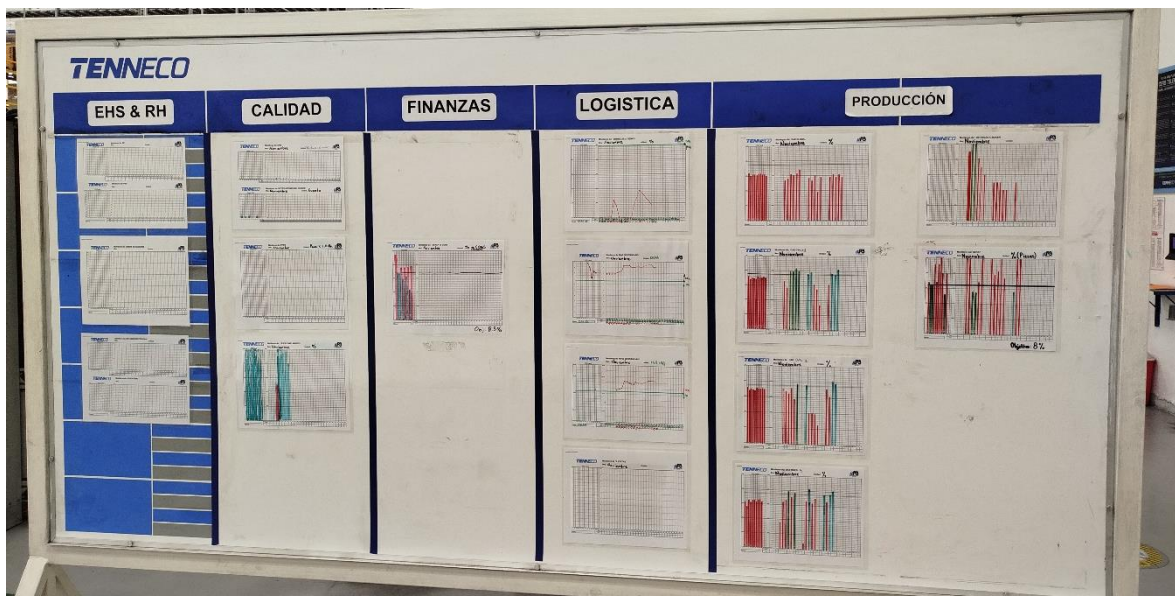


Ilustración. Evidencia seguimiento a indicadores de cada departamento



Ilustración. Cartera de clientes Tenneco