



**UNIVERSIDAD DE SONORA**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE  
MANUFACTURA ESBELTA PARA LA MEJORA  
DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE UNA  
PLANTA DE ENSAMBLE**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

**PRESENTA**

**JORGE MAURO MADRID GARCIA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. GUILLERMO CUAMEA CRUZ**

**HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO**

**ABRIL 2022**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



**UNIVERSIDAD DE SONORA**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE  
MANUFACTURA ESBELTA PARA LA MEJORA  
DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE UNA  
PLANTA DE ENSAMBLE**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

**PRESENTA**

**JORGE MAURO MADRID GARCIA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. GUILLERMO CUAMEA CRUZ**

**HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO**

**ABRIL 2022**



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL

Hermosillo, Sonora, a 11 de Marzo del 2022

DR. AGUSTIN BRAU AVILA

Coord. Del Programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Por este conducto, hago su conocimiento que estoy de acuerdo que se realice el examen profesional del alumno Jorge Mauro Madrid Garcia con expediente No. 217213001 el cual será el día \_\_\_\_\_ en el aula \_\_\_\_\_ a las \_\_\_\_\_

RELACION DE JURADOS:

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	DR. GUILLERMO CUAMEA CRUZ	_____
SECRETARIO	MC. FELIX MONTAÑO VALLE	_____
VOCAL	ING. ELBA HORTENCIA CRUZ VALENCIA	_____
SUPLENTE	ING. JESUS ERIBERTO GRANILLO CONTRERAS	_____

ATENTAMENTE

MIEMBROS DEL JURADO

## **RESUMEN**

La Manufactura Esbelta es un método sistemático que busca la eliminación del trabajo sin valor añadido dentro de un sistema de fabricación, resultando en la mejora continua de operaciones, reducción de tiempos de espera, entre otros. A través de los años, la Manufactura Esbelta se ha ido implementando cada vez más no solamente en la industria automotriz, sino también en la industria aeronáutica, industria de la construcción, incluso hasta en el sector de servicios. En el presente trabajo, el objetivo es implementar la Manufactura Esbelta en una planta de ensamble a través de una metodología que involucre las herramientas que utiliza dicho método sistemático, tales como 5´s, poka-yoke, mejora continua; esto de manera que impacte positivamente en los medibles a analizar y mejorar, como lo son las unidades defectuosas producidas y el aumento de unidades producidas por hora.

## **ABSTRACT**

Lean Manufacturing is a systematic method that seeks to eliminate work without added value within a manufacturing system, resulting in continuous improvement of operations, waiting reduction, among others. Over the years, Lean Manufacturing has been implemented not only in the automotive industry, but also in the aeronautical industry, construction industry, even in the service sector. In this project, the main objective is to implement Lean Manufacturing in an assembly plant through a methodology that involves the tools used by that systematic method such as 5's, poka-yoke, continuous improvement; This in a way that has a positive impact on the measurable factors to analyze and improve, such as the defective units produced and the increase in units produced per hour.

## DEDICATORIA

*A mi padre, Jorge Daniel Madrid Ochoa.*

*A mi madre, Marcela Guadalupe García Arellano.*

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a **Dios**, por permitirme culminar esta etapa tan importante de mi vida personal y profesional.

A mi padre, **Jorge Daniel Madrid Ochoa**, quien siempre me impulsó a dar lo mejor de mí y me dio el mejor ejemplo que un padre le puede dar a su hijo.

A mi madre, **Marcela Guadalupe García Arellano**, quien siempre me ha apoyado incondicionalmente y ha estado ahí en cada paso que he dado a lo largo de mi vida.

A mis maestros, **Guillermo Cuamea Cruz, Heriberto Granillo Contreras, Montaña Valle Félix, Elba Hortensia Cruz Valencia**, quienes dejaron una marca por sus métodos de enseñanza y el aprendizaje adquirido en sus asignaturas.



# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Presentación .....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Objetivo general .....	2
1.4. Objetivos específicos .....	3
1.5. Hipótesis .....	3
1.6. Alcances y delimitaciones .....	3
1.7. Justificación.....	3
2. MARCO DE REFERENCIA.....	5
2.1. Manufactura Esbelta .....	5
2.1.1. Manufactura Esbelta en la Industria Automotriz .....	6
2.2. Los Siete Desperdicios.....	7
2.3. 5´S.....	10
2.4. Poka – Yoke.....	11
2.5. Mejora Continua - Kaizen.....	13
2.5.1 Cultura Kaizen.....	14

2.6. Justo a tiempo (JIT).....	16
2.7. Sistemas Push & Pull.....	17
2.8. Mantenimiento.....	18
2.9. Mantenimiento Productivo Total.....	19
3. METODOLOGÍA .....	22
3.1. Metodología 0-100 .....	22
3.1.1 Entendimiento claro de los estándares de diseño de la estación de trabajo.	25
3.1.2 Evaluación basada en estándares de las estaciones de trabajo. ....	31
3.1.3 Resolviendo los ítems "Just do it" y recalculando la evaluación (estado inicial). ....	31
3.1.4 Identificar visualmente el estado inicial de la estación de trabajo y desarrollar el futuro estado (mapa de la mejora continua). ....	34
3.1.5 Llevar un seguimiento del proceso de transición desde el estado inicial hasta el futuro. ....	34
4. IMPLEMENTACIÓN.....	35
4.1 Entendimiento claro de los estándares de diseño de la estación de trabajo. ...	38
4.2 Evaluación basada en estándares de las estaciones de trabajo. ....	42
4.4 Identificar visualmente el estado inicial de la estación de trabajo y desarrollar el futuro estado (mapa de la mejora continua). ....	56
4.5 Llevar un seguimiento del proceso de transición desde el estado inicial hasta el futuro. ....	71
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	73
5.1 Conclusiones.....	73
5.2 Recomendaciones.....	74
5.3 Trabajos futuros .....	75

6. REFERENCIAS..... 76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Mejora continua paso a paso. ....	14
Figura 2.2 Evolución del mantenimiento industrial. ....	19
Figura 3.1 Estándares físicos y operativos.....	25
Figura 3.2 Probabilidad de error de un elemento aislado.....	27
Figura 3.3 Complejidad de la estación de trabajo basada en la probabilidad de error.....	32
Figura 3.4 Procesos relacionados por errores típicos (causa de los procesos con errores).....	32
Figura 3.5 Relación entre complejidad y procesos fuente de error. ....	32
Figura 3.6 Zona 0 defectos. ....	33
Figura 4.1 Número total de estaciones de trabajo en línea de motores. ....	35
Figura 4.2 Layout línea motores.....	36
Figura 4.3 Identificación de estaciones agrupadas por proceso. ....	38
Figura 4.4 Identificación de estaciones por elementos aislados. ....	39
Figura 4.5 Identificación de estaciones por selección de partes. ....	40
Figura 4.6 Identificación de estaciones por caminados.....	41
Figura 4.7 Identificación de estaciones por caminados.....	42
Figura 4.8 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP150/PP155.....	43
Figura 4.9 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP160/PP165.....	44
Figura 4.10 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP240/PP245.....	45

Figura 4.11 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP310/PP315.....	46
Figura 4.12 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP350/PP355.....	46
Figura 4.13 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP330/PP335.....	47
Figura 4.14 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP395 .....	48
Figura 4.15 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP400/PP405.....	48
Figura 4.16 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP050/PP055.....	49
Figura 4.17 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP140/PP145.....	50
Figura 4.18 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP230/PP235.....	50
Figura 4.19 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP250/PP255.....	51
Figura 4.20 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP150/PP155 estado inicial. ....	57
Figura 4.21 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP160/PP165 estado inicial. ....	57
Figura 4.22 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP240/PP245 estado inicial. ....	58
Figura 4.23 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP150/PP155 estado futuro. ....	58

Figura 4.24 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP160/PP165 estado futuro. ....	59
Figura 4.25 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP240/PP245 estado futuro. ....	60
Figura 4.26 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP310/PP315 estado inicial. ....	60
Figura 4.27 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP350/PP355 estado inicial. ....	61
Figura 4.28 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP310/PP315 estado futuro. ....	61
Figura 4.29 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP350/PP355 estado futuro. ....	62
Figura 4.30 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP330/PP335 estado inicial. ....	63
Figura 4.31 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP395 estado inicial. ....	63
Figura 4.32 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP400/PP405 estado inicial. ....	64
Figura 4.33 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP330/PP335 estado futuro. ....	64
Figura 4.34 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP395 estado futuro. ....	65
Figura 4.35 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP400/PP405 estado futuro. ....	66
Figura 4.36 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP050/PP055 estado inicial. ....	66

Figura 4.37 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP140/PP145 estado inicial. ....	67
Figura 4.38 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP050/PP055 estado futuro. ....	67
Figura 4.39 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP140/PP145 estado futuro. ....	68
Figura 4.40 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP230/PP235 estado inicial. ....	69
Figura 4.41 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP250/PP255 estado inicial. ....	69
Figura 4.42 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP230/PP235 estado futuro. ....	70
Figura 4.43 Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP250/PP255 estado futuro. ....	70
Figura 4.44 Auditoría de transición del estado inicial - futuro. ....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Acciones que tienen lugar durante un proceso dado. ....	9
Tabla 4.1 Tabla de relación estación – ítem surgido. ....	52



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 5.1 Quejas del cliente. ....	73
Gráfica 5.2 Hallazgos de planta .....	74

# 1. INTRODUCCIÓN

Para el presente trabajo, se ha decidido implementar y proponer mejoras en las principales técnicas de la filosofía de manufactura esbelta que la planta emplea, con el objetivo de reducir el número de unidades rechazadas por el cliente, y a su vez, mejorar la productividad en la línea de producción de motores, aumentando las unidades producidas por hora (JPH). Teniendo el apoyo de diferentes departamentos tales como procesos, calidad, mantenimiento, materiales, etc. se identificarán y analizarán aquellas áreas de oportunidad identificadas. Además, actualmente la planta se encuentra con el lanzamiento de nuevos proyectos, por lo que sería de gran ayuda el estudio y aprovechamiento al máximo de las diferentes técnicas.

## 1.1. Presentación

El presente proyecto de tesis se desarrollará en MARTINREA AUTOMOTIVE STRUCTURES S. DE R.L. DE C.V., situado en Hermosillo, México. Especializados en ensamblajes de llenado de combustible, líneas de combustible, frenos y vapor. Además del montaje de motor, suspensión delantera y trasera, y corner para los sectores automotriz e industrial.

Inicialmente conocida como Royal Laser Tech Corporation, la compañía se formó bajo la Ley de Corporaciones Comerciales en 1998 como una compañía de corte por láser de metales para accesorios y fabricaciones. Martinrea no se convirtió en una empresa automotriz hasta 2001, cuando el fundador Rob Wildeboer y los dos cofundadores Fred Jaekel, presidente de Cosma, y Nick Orlando, vicepresidente de finanzas de Cosma, establecieron la empresa. En abril de 2002, Martinrea compró Rea International, una empresa de sistemas de fluidos, y automáticamente se convirtió en un proveedor de primer nivel para General Motors. En junio de 2002, la empresa cambió oficialmente su nombre a Martinrea International Inc.

Hoy, llamada Martinrea Automotive Structures, cuenta con una amplia presencia global en 3 regiones; Norte América, Europa y Asia. Los países en los cuales Martinrea Automotive Structures tiene presencia son los siguientes: Canada,

Estados Unidos de América, México, Brasil, España, Alemania, Slovakia, America del Sur, China, Japón.

En Martinrea Automotive Structures se le provee a Ford Hermosillo – Planta de Estampado y Ensamble. Los productos los cuales se le provee a dicha compañía son:

- Motor 1.5
- Motor 2.0
- Motor 2.5
- Suspensión delantera
- Suspensión trasera
- Corner delantero

## **1.2. Planteamiento del problema**

En Martinrea Automotive Structures se presenta un alto número de unidades rechazadas por el cliente y una falta de cumplimiento de la tasa de unidades producidas por hora, a pesar del constante expandimiento de espacios productivos y contratación de personal de operaciones.

Al aumentar los espacios productivos y de personal, se llega a descuidar aspectos importantes sobre el área de trabajo, como lo es la delimitación de áreas de trabajo, aspectos de seguridad e higiene, factores físicos, factores operativos y factores culturales, que afectan en gran medida a la calidad del producto, y sin duda alguna, al tiempo ciclo.

## **1.3. Objetivo general**

Reducir el número de unidades rechazadas por el cliente y aumentar las unidades producidas por hora (JPH) de la planta, mediante el desarrollo e implementación de técnicas de manufactura esbelta que contribuyan de una manera directa al incremento de la calidad, la eficiencia de las actividades realizadas y la productividad de la planta.

## **1.4. Objetivos específicos**

- Analizar aquellas áreas de oportunidad en las cuales herramientas de Manufactura Esbelta puedan ser mejoradas y/o implementadas.
- Desarrollar una metodología con las diferentes técnicas de Manufactura Esbelta que mejor se adapten al proceso.
- Implementar la metodología de Manufactura Esbelta previamente desarrollada que permita reducir el número de unidades rechazadas por el cliente e incrementar la productividad de la línea de producción.
- Evaluar el número de unidades rechazadas por el cliente a través del tiempo, así como el incremento en la productividad.

## **1.5. Hipótesis**

La implementación de la metodología basada en herramientas de manufactura esbelta, reducirá el número de unidades rechazadas por el cliente, y a su vez, se obtendrá una mejora en la productividad.

## **1.6. Alcances y delimitaciones**

El presente proyecto se enfocará en la línea de producción de motores, debido a que cuenta con el mayor número de estaciones de trabajo, personal, maquinaria, y ocupación de espacio de la planta. Al ser la principal línea de producción, cuenta con un mayor número de requerimientos por parte del cliente, por lo que la implementación de manufactura esbelta ayudará a trabajar de mejor manera y permitirá cumplir con los objetivos de la planta.

## **1.7. Justificación**

Debido a los constantes y crecientes requerimientos del cliente y al lanzamiento de nuevos proyectos, la empresa necesita producir unidades de calidad y aumentar las unidades producidas por hora, así como reducir los desperdicios que se pudieran generar en la misma. Con la mejora e implementación de técnicas de manufactura esbelta, se aprovecharán al máximo todos aquellos recursos involucrados en el

proceso productivo, como lo es el espacio, recurso humano, maquinaria, entre otros; incrementando así la productividad de la empresa.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Manufactura Esbelta

Davim (2018), nos menciona que la manufactura esbelta tiene sus raíces en las mejores prácticas de manufactura que se implementaron en Toyota Motor Corporation, como Just in Time (JIT), Gestión de la Calidad (QM), Mantenimiento Productivo Total (TPM).

De acuerdo con Helmold (2020), la manufactura esbelta es un método sistemático para la eliminación del trabajo sin valor añadido ("muda") dentro de un sistema de fabricación. La manufactura esbelta también tiene en cuenta los desperdicios generados por la sobrecarga de trabajo ("muri") y el desperdicio creado por el trabajo desnivelado ("mura"). Viéndolo desde la perspectiva del cliente que consume un producto o servicio, "valor" es cualquier acción o proceso por el que un cliente estaría dispuesto a pagar. Esencialmente, la manufactura esbelta está centrada en hacer evidente lo que aporta valor reduciendo todo lo demás.

Cruelles (2010) da a conocer que en Toyota el despilfarro se conoce como "Todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, espacio y tiempo del operativo que resultan totalmente esenciales para añadir valor al producto".

La manufactura esbelta es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación—personas, materiales, máquinas y métodos—que persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación del constante despilfarro. Madariaga (2013) menciona que, los métodos y técnicas de la manufactura esbelta fueron desarrollados por Taiichi Ohno a lo largo de treinta y cinco años, paso a paso, de forma empírica, mediante el contraste en la fábrica, por medio de prueba y error, de las ideas surgidas de la observación directa de los hechos.

Hoy en día hay una nueva evolución en la fabricación y está impulsada por dos factores: 1) Un crecimiento económico sostenido y 2) los viejos estilos de gestión no logran trabajar con empleados sin ninguna formación multitareas (García-alcaraz

& Editors, 2014). En un esfuerzo por ser más productivos, muchas organizaciones se están adaptando a procesos de manufactura esbelta estableciendo objetivos sólidos como: 1) Fabricación de productos de calidad, 2) Proyectos de reducción de costos, 3) Participación de todos los empleados y 4) Enfoques culturales.

Deshmukh y sus colaboradores (2017), aseguran que las técnicas esbeltas se proponen y aplican en casi todas las industrias. Estas están aplicando sistemáticamente conceptos lean y llevando el éxito a sus respectivas industrias. Las condiciones del mercado están cambiando rápidamente y esto está forzando a las compañías a enfocarse más en las necesidades del cliente y procesos de valor agregado.

Swamidass (2000), resalta que la transición a la manufactura esbelta da como resultado ahorros de costos significativos en un periodo de dos a tres años. Específicamente, las empresas manufactureras informan una reducción de costos significativa en materias primas, inventarios en proceso, tiempos de producción, mano de obra directa, costos de set up, costos de calidad, entre otros.

### **2.1.1. Manufactura Esbelta en la Industria Automotriz**

Rifqi et al., (2021) resaltan que el concepto "Lean" se implementó por primera vez en el sector automotriz, su eficacia y la aplicación exitosa hizo que un grupo de empresas lo adoptara y tomara ventaja de sus beneficios en cuanto a reducción de residuos y optimización de flujo.

(Holweg 2007, como se citó en García-alcaraz & Editors, 2014) menciona que la manufactura esbelta es una de las prácticas más aceptadas en la industria automotriz. El motivo de la aplicación de manufactura esbelta radica en su capacidad de mejorar la competitividad sin reducir los estándares de calidad. Además, la manufactura esbelta aumenta las opciones en el montaje de vehículos, que es una importante ventaja competitiva para cualquier empresa automotriz.

Madariaga (2013) señala que en treinta años —de 1950 a 1980—, las empresas automovilísticas japonesas pasaron de una producción insignificante a fabricar en

Japón 7 millones de automóviles al año, de los cuales un 56 % se destinaba a la exportación y un 40 % de las exportaciones iba a los Estados Unidos.

El subsector más importante dentro de la fabricación es la fabricación de equipos de transporte, que engloba la fabricación de automóviles y camiones; cuerpos y remolques; piezas de vehículos de motor como sistemas de dirección, sistemas de frenos y sistemas de transmisión; equipo aeroespacial, entre otros (de la Vega et al., 2020). es común para las grandes empresas manufactureras mexicanas que busquen implementar la manufactura esbelta como una estrategia para reducir los costos de producción y eliminar desperdicios innecesarios de los procesos de producción.

## **2.2. Los Siete Desperdicios**

Rajadell & Sánchez (2010), define desperdicio como todo aquello que no añade valor al producto, o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. Además, mencionan cada uno de ellos:

- **Sobreproducción** – El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. La sobreproducción es un desperdicio fatal porque no incita a la mejora, ya que parece que todo funciona correctamente. Algunas de sus características son: Gran cantidad de stock, flujo de producción no balanceado o nivelado, necesidad de espacio extra para almacenaje, los problemas de calidad no son prioridad entre otros.
- **Tiempo de espera** – El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos establecidos pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo. Algunas de sus características son: El operario espera a que la máquina termine, la máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente, un operario espera a otro operario, paros no planificados, entre otros.
- **Transporte** – El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario, quizás por culpa de un layout mal



diseñado. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente.

Algunas de sus características son: Los contenedores son demasiado grandes, pesados o, en definitiva, difíciles de manipular, exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales dentro del proceso, entre otros.

- Sobreproceso – El desperdicio por sobreproceso es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente, en otras palabras, es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles.

Algunas de sus características son: No existe estandarización de las mejores técnicas o procedimientos, maquinaria mal diseñada, falta de especificaciones y ejemplos claros de trabajo, entre otros.

- Exceso de inventario – El desperdicio por stock es el resultado de tener mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas. El hecho de que se acumule material antes y después del proceso indica que hay stock innecesario y que el flujo de producción no es continuo.

Algunas de sus características son: Excesivos días con el producto acabado o semielaborado, grandes costes de movimiento y de mantenimiento o posesión del stock, entre otros.

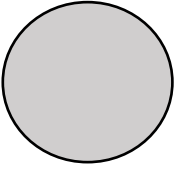
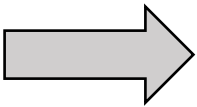
- Defectos – El desperdicio derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad, porque incluye el retrabajo que debe realizarse como secuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez.


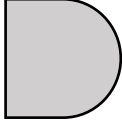
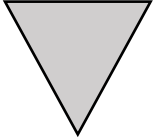
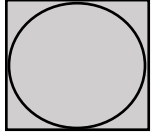
Algunas de sus características son: Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero, calidad cuestionable, flujo de proceso complejo, baja moral de los operarios, entre otros.

Por otra parte, Madariaga (2013) menciona que la implantación de los métodos y técnicas de la manufactura esbelta es muy sensible a la participación de las personas, por lo que agrega el *desperdicio del conocimiento*. Incurrimos en él cuando no facilitamos a las personas la posibilidad de aportar sus capacidades y experiencia para mejorar los procesos y resolver problemas.

García Criollo (2005), nos muestra la simbología de un diagrama de procesos, el cual es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento;

**Tabla 2.1** Acciones que tienen lugar durante un proceso dado.

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	SÍMBOLO
Operación:	Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando da o se recibe información o se planea algo.	
Transporte:	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección	

Inspección:	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualesquiera de sus características	
Demora:	Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado	
Almacenaje:	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados	
Actividad combinada:	Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo.	

### 2.3. 5´S

5´S es una metodología para la limpieza, organización, y mantenimiento de un área de trabajo con el objetivo de maximizar la eficiencia y la consistencia (Bhasin 2015). 5´S es a menudo una de las primeras iniciativas más importantes de las compañías que implementan Lean en sus procesos productivos.

Desde el punto de vista de Socconini (2019), las 5´S constituyen una disciplina para lograr las mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Esto se logra implementando

cambios en los procesos en cinco etapas, las cuales serán el cimiento de sistemas más complejos:

- Seiri (seleccionar) – Consiste en retirar de nuestro lugar de trabajo todos los artículos que no son necesarios
- Seiton (organizar) – Consiste en ordenar los artículos que necesitamos para nuestro trabajo, estableciendo un lugar específico para cada cosa, de manera que se facilite su identificación, localización, disposición y vuelta al mismo lugar después de usarla.
- Seiso (limpiar) – Consiste básicamente en eliminar la suciedad y evitar ensuciar, siempre con la idea en mente de que, al limpiar, también estamos inspeccionando lo que limpiamos.
- Seiketsu (estandarizar) – Consiste en lograr que los procedimientos, prácticas y actividades logrados en las tres primeras etapas se ejecuten consistentemente y de manera regular para asegurar la selección, la organización y la limpieza se mantengan en las áreas de trabajo
- Shitsuke (seguimiento) – Consiste en convertir en un hábito las actividades de las 5´S, manteniendo correctamente los procesos generados mediante el compromiso de todos, así como participando en los eventos kaizen que resultan de las necesidades de mejora sugeridas en el lugar de trabajo.

## **2.4. Poka – Yoke**

Poka-Yoke es un término japonés que significa "a prueba de errores". Un Poka-Yoke (PY) es cualquier mecanismo en un proceso de manufactura esbelta que ayuda a un operador o equipo evitar (yokeru) errores (Poka), (Baseer et al., 2014). Su propósito es eliminar los defectos del producto previniendo, corrigiendo o llamando la atención sobre los errores humanos a medida que ocurren.

Desde el punto de vista de Furterer (2014), los errores son errores accidentales inadvertidos, no intencionales cometidos por personas debido a la sensibilidad humana diseñada en nuestros productos y procesos. A prueba de errores, también llamada Poka Yoke, es la actividad de conciencia, detección y prevención de errores

que afecten negativamente a nuestros clientes, a nuestra gente y generen desperdicios.

Hirano (1991), menciona que un defecto existe en dos estados: está a punto de ocurrir, o ha ocurrido ya. El poka-yoke emplea tres funciones básicas contra los defectos: parada, control y aviso. El reconocimiento de que un defecto está a punto de ocurrir se denomina "predicción", y reconocer que un defecto ha ocurrido ya, se denomina "detección".

Los verdaderos sistemas de poka-yoke son los que reconocen dónde es más probable que ocurra un error en un proceso e introducir alguna solución que evita que ocurra el error, independientemente de lo que haga el humano (Muralidharan, 2015). Algunos de los tipos de errores de los sistemas Poke Yoke y sus salvaguardas que nos menciona Muralidharan son los siguientes:

- Errores debido al olvido: Olvidar un paso o una parte. Medidas de seguridad; Utilización de checklists, hoja de procedimiento operativo estándar, entre otros.
- Errores debido a malentendidos: No estar familiarizado con la operación requerida. Medidas de seguridad; capacitación continua, POE visual (procedimiento operativo estándar), entre otros.
- Errores debido a la identificación: Problemas en la identificación o claridad de los pasos a seguir requeridos. Medidas de seguridad; Formación, formación visual, trabajo estandarizado, entre otros.
- Errores debido a la falta de experiencia: Contratación de nuevos empleados. Medidas de seguridad; Desarrollo de habilidades y entrenamiento, estandarización del trabajo, entre otros.
- Errores debido a la falta de estándares: No hay una forma clara ni estandarizada de realizar la tarea o el trabajo. Medidas de seguridad; Operaciones estándar, instrucciones visuales, entre otros.
- Errores debido a la legibilidad de la máquina: Máquina fuera de especificaciones. Medidas de seguridad; TPM, equipo de mantenimiento, lista de piezas críticas, entre otros.

## 2.5. Mejora Continua - Kaizen

El término Kaizen es de origen japonés, y se puede traducir como "Cambio para mejor". El objetivo principal del Kaizen es mejorar continuamente en pequeños pasos las áreas de trabajo, los procesos y los productos mediante la integración de las personas de las áreas afectadas (Helmold, 2020). La metodología Kaizen se enfoca en equipos (círculos de calidad), promueve el trabajo en equipo y reconoce la aportación individual. Este equipo, es un pequeño grupo de trabajadores que identifican, analizan y solucionan problemas de calidad o productividad.

Estas pequeñas mejoras continuas se suman a los principales beneficios, resultando: entregas más rápidas, menores costos y mayor satisfacción del cliente (Tlapa-Mendoza et al., 2014).

Los 10 principios de la metodología Kaizen según (Hernandez & Vizán, 2013) son:

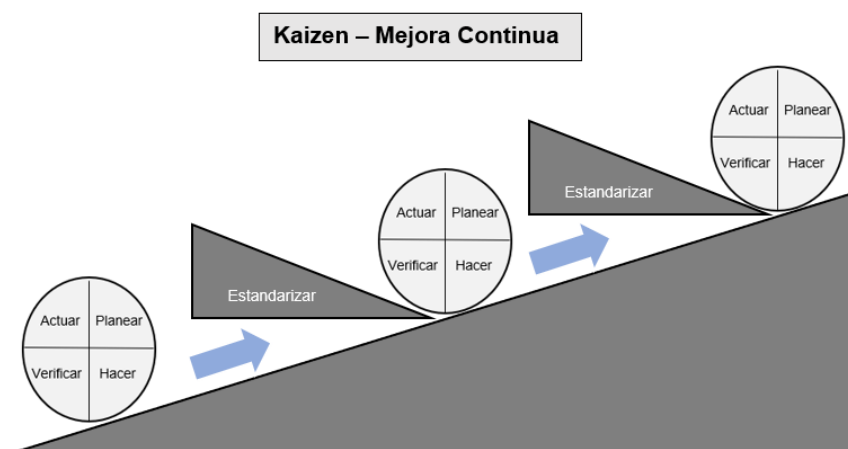
- Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
- En lugar de explicar lo que no se puede hacer, reflexione sobre cómo hacerlo.
- Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
- No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora
- Corregir un error inmediatamente e in situ.
- Encontrar las ideas en la dificultad
- Buscar la causa real, plantearse los 5 por qué y buscar la solución
- Tener en cuenta las ideas de muchas personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
- Probar y después validar.
- La mejora es infinita.

García-Alcaraz y sus colaboradores (2017), señalan que autores varios ven el ciclo PDCA como una herramienta sumamente importante en la mejora continua. El ciclo de Deming es un modelo de mejora continua de la calidad que consta de una secuencia lógica de 4 pasos repetitivos para la mejora continua y el aprendizaje: Planear (plan), hacer (do), verificar (check) y actuar (act), (Singh & Singh, 2019). En la fase de planificación, el objetivo es planificar el cambio, analizar y predecir los

resultados. En la fase de ejecución, el plan se ejecuta dando pequeños pasos en circunstancias controladas. En la fase de control se estudian los resultados. Finalmente, en la fase de actuar, la organización toma medidas para mejorar el proceso.

Desde el punto de vista de Madariaga (2013) cada hito/idea de mejora pretende un nuevo nivel de eficiencia, un nuevo estándar, e implica nuevos métodos. Un equipo de mejora específico para cada caso, aplicará el conocido ciclo PDCA a cada hito del plan.

**Figura 2.1** Mejora continua paso a paso.



Algunos de los objetivos de Kaizen según (Paraschivescu & Cotirlet, 2015) son los siguientes:

- Establece un ambiente de trabajo y una cultura aceptable porque Kaizen se basa fuertemente en un cambio de cultura.
- Mejora lento pero seguro.
- El enfoque participativo centrado en la creatividad, diseño actualizado en función de los requisitos del cliente.
- Cero defectos.

### 2.5.1 Cultura Kaizen

Medinilla (2014) resalta que la cultura puede ser un facilitador de una transformación Kaizen si tenemos establecido un propósito poderoso y bien fomentado los valores

correctos de calidad, mejora y excelencia, pero la mayor parte de las veces la cultura es más un impedimento que un facilitador para Kaizen. La razón es porque una transformación exitosa de la metodología Kaizen reta al estatus quo y exige cambio, y esto usualmente choca con la cultura existente "Así no se hacen las cosas aquí".

Existen múltiples facilitadores para generar una Cultura Kaizen, las principales que Medinilla recomienda son:

- Propósito: Si vas a pedir a los trabajadores que mejoren y que pongan su energía para lograr resultados increíbles, se necesita tener una noble causa, un propósito global mas allá de las ganancias, el crecimiento de la empresa y riqueza de las partes interesadas.
- Visión a largo plazo: Cada transformación significa una gran inversión de energía, trabajo, tiempo y recursos. A veces necesitaremos cambiar cosas que parecen estar funcionando para hacer una mejora, y ese cambio costará dinero y tiempo. El personal debe de ser consciente de los efectos de la inversión a largo plazo y el mejor estado esperado. El aprendizaje es clave.
- Enfoque de sistema completo: Se debe de enfocar en el sistema completo, si solamente nos enfocamos en "hacer lo que me toca" al lugar de preocuparse por el sistema completo, eventualmente va a romper el sistema.
- Comunicación constante: Comunicación constante, significa comunicación en todos los sentidos, no solo de los gerentes a los empleados. Si las reuniones no son eficientes, la respuesta no esta en dejar de hacer reuniones, sino en enseñarle a la gente como ser mas eficiente y productiva con su comunicación.
- Calidad primero: En las industrias la calidad es primero, mas sin embargo, existe gente talentosa que no se preocupa tanto por hacer pruebas antes de implementar mejoras, inclusive, en veces se olvidan de la calidad solo para cumplir plazos establecidos. Solamente están creando conflictos para el futuro que costara mucho dinero.
- Valentía y ausencia de miedo: Para crear una cultura Kaizen, debemos de fomentar una cultura de cero miedos, pero aún con la presencia de miedos



naturales tales como la toma decisiones, culpa, entre otros, la gente debería de vencer esos miedos y señalar aquello que necesita hacerse.

- Trabajo en equipo y organización: El trabajo en equipo y la organización es de suma importancia en todas las organizaciones. Para conseguir una buena cultura de trabajo en equipo, las personas deben de aprender a discutir, escuchar, respetar las opiniones de los demás y comunicarse en una manera

En la actualidad, el mundo es tan intenso que las empresas que logran el éxito en su negocio son las más flexibles al cambio, teniendo mayor capacidad y rapidez de ajuste. Esta capacidad es el resultado de implementar Kaizen, enfocado en la filosofía específica de mejora continua.(Tlapa-Mendoza et al., 2014).

## **2.6. Justo a tiempo (JIT)**

De acuerdo con García y Maldonado (2016), el método Justo a Tiempo surgió en Japón, el cual fue desarrollado en la década de 1950 por Taiichi Ohno y aplicado por el fabricante de automóviles Toyota. La compañía adoptó el método a principios de la década de 1970, y su principal objetivo era eliminar todos los elementos innecesarios en el área de producción.

El método JIT, aplicado al montaje de automoviles, significa que los subconjuntos necesarios producidos en los procesos anteriores han de llegar a la cadena de montaje en el momento en que se necesitan y en las cantidades necesarias (Monden, 1996). Si el JIT se lleva a cabo en toda la empresa, se eliminarán completamente las existencias innecesarias en la fábrica, lo que hará innecesarios los almacenes.

Pakdil (2020), nos menciona que después de analizar los sistemas de fabricación occidentales, Ohno declaró que producir con grandes tamaños de lote y no satisfacer las necesidades del cliente en el producto final, fueron los mayores errores cometidos por las industrias manufactureras occidentales. Como consecuencia, sugirió abandonar la idea de grandes producciones por lotes, lo que se traduce en grandes inventarios

Con el objetivo de lograr menos inventarios, se agregaron otras técnicas al concepto, incluida la mejora continua, el flujo de trabajo ininterrumpido, el compromiso de la alta dirección, entre otros. Además de los inventarios, que normalmente se consideran desperdicios, las actividades que no agregan valor en el proceso de producción incluyen: sobreproducción, tiempo de movimiento, tiempo de inspección, tiempo de espera, equipo inactivo, entre otros. (Wu & Low, 2013)

El método Justo a Tiempo, incluye la mejora continua como la máxima prioridad en el trabajo del día a día. Se espera que cada trabajador mejore en algún aspecto, como menos defectos, más productividad, o menos paros. Miles de pequeñas mejoras en métodos, procesos y productos construyen una lucha continua por la excelencia. Todo trabajador debe estar profundamente involucrado y participar activamente en este proceso. (Józefowska, 2007)

Como afirma Béndek (2016), si bien la tecnología está impulsando la eficiencia de la fabricación a nuevos niveles, no olvidemos que detrás de todos estos avances los principios siguen siendo los mismos: entrega justo a tiempo, tiempos de entrega más cortos, flujo continuo y sistema pull.

## **2.7. Sistemas Push & Pull**

Los sistemas Push (empujar) y Pull (jalar) son formas de fabricación completamente diferentes. El sistema Push se basa en pronósticos de ventas y, por lo tanto, las compañías fabrican empujando los productos a los almacenes (Make To Stock). El sistema Pull, por lo contrario, es cuando la producción es lanzada y jalada solamente bajo pedidos (Make To Order). Pull es el típico sistema utilizado en producción en masa donde la demanda del producto es estable y predecible, pocos productos son personalizados y el costo del almacén no es elevado (Chiarini, 2012).

Desde el punto de vista de Staudter y sus colaboradores (2009), el sistema Push (basado en planeación) es un proceso que produce sin tener en cuenta la necesidad real de los siguientes procesos (internos) del cliente y empuja el producto intermedio a través del proceso. Cada sector empuja sus partes producidas en un búfer para el siguiente proceso. Debido a que se producen grandes lotes, este búfer intermedio

puede cubrir varios días de producción; esto significa que el material no se mueve por más de 90% del tiempo de espera, permaneciendo estacionado en estos búfers intermedios.

Por otra parte, Allen (2018) señala que el sistema Pull implica que la producción solo se produce en pedidos que ya han sido ordenados. No se producen artículos en función de las ventas proyectadas. El sistema Pull utilizado en conjunto con los elementos del Sistema de Producción Toyota parece reducir el inventario en sistemas y reducir los tiempos de ciclo.

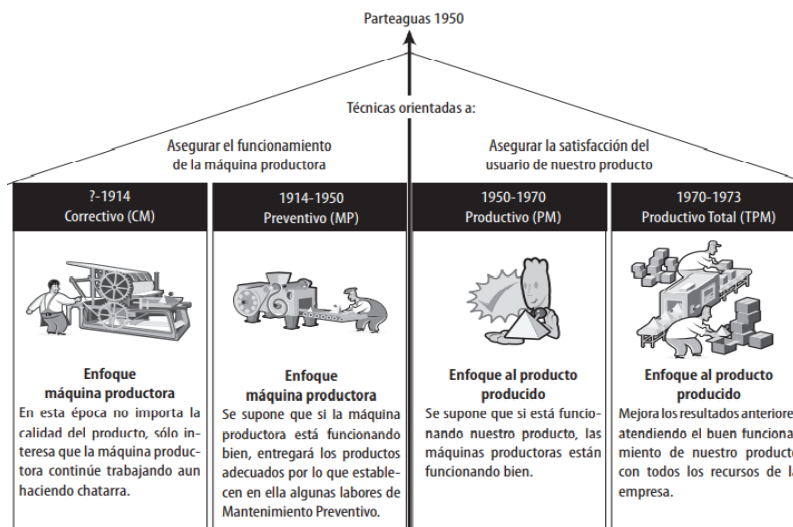
## **2.8. Mantenimiento**

Desde el principio de la humanidad y hasta fines del siglo XVII, la conservación y el mantenimiento que hacía el hombre a las máquinas que utilizaba en la elaboración del producto o servicio que vendía a sus clientes, no tuvieron un gran desarrollo debido a la poca importancia que se le tenía a la máquina con respecto a la mano de obra que se empleaba; hasta antes de 1880, se consideraba que el trabajo humano intervenía en 90% para hacer un producto y el 10% restante era el trabajo que realizaba la máquina. (Villanueva, n.d.).

La maquinaria de fabricación de esa época estaba sujeta a tasas de fallas que aumentaban rápidamente con el tiempo. (Kister, 2006). Cuando las fallas ocurrían, habría paros de producción, y al acumularse múltiples trabajos de mantenimiento las fábricas se verían en la necesidad de realizar paros completos de planta con el objetivo de reparar y reconstruir la maquinaria de producción. Estos paros de producción fueron las primeras actividades del mantenimiento planeado, y aunque existen hasta el día de hoy, buscan objetivos muy distintos.

Villanueva nos menciona que en 1970, y con base en el surgimiento del nuevo concepto de mantenimiento productivo, el japonés Seichi Nakajima desarrolló el sistema Mantenimiento Productivo Total (TPM).

**Figura 2.2** Evolución del mantenimiento industrial.



## 2.9. Mantenimiento Productivo Total

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de mantenimiento de equipos para toda la empresa que involucra a todos los empleados, desde los máximos niveles gerenciales hasta los trabajadores de línea y los conserjes del edificio (Kister, 2006). El TPM es uno de los muchos enfoques existentes para el mantenimiento, y se basa en la efectividad total del equipo en busca de rentabilidad, no simplemente en la reducción de costos de mantenimiento. La idea detrás del Mantenimiento Productivo Total es la cooperación de todos, es la cooperación para obtener el trabajo de mantenimiento hecho de forma fiable y eficaz.

Desde el punto de vista de Levitt (Levitt, 2011), el mantenimiento productivo total (TPM) consta de 4 elementos. Concepto de mantenimiento autónomo; 1. El mantenimiento está totalmente impulsado por el equipo de TPM. Los enemigos de TPM interpretan que el mantenimiento autónomo significa que pueden descargar todo el trabajo desagradable que nadie quiere hacer sobre los operadores. 2. Maximizar la efectividad general del equipo; TPM tiene una definición muy estricta de efectividad llamada OEE (efectividad general del equipo). Las métricas descuidadas (lecturas de efectividad) pueden ocultar oportunidades para mejoras de producción. 3. Establecer un sistema compartido de PM (mantenimiento preventivo) para la vida completa del equipo; este sistema debe tener en cuenta la

antigüedad y el estado (ciclo de vida) del equipo. El PM debe ser modificable según la antigüedad, la etapa de vida del equipo y la vida útil del equipo. 4. El proceso debe ser implementado por todos los departamentos; estos departamentos incluyen mantenimiento, ingeniería, producción, entre otros.

El concepto de TPM se definió por primera vez en Japón en los años 70 del siglo pasado, e inicialmente trajo requisitos sobre el proceso de calidad orientado a la confiabilidad, alta rentabilidad, costos mínimos y posteriormente, requisitos sobre minimización del impacto sobre el medio ambiente y la seguridad. La totalidad de la filosofía TPM se ilustra mediante la denominada "casa TPM". donde pilares individuales de la casa representan elementos básicos que permiten la consecución de los objetivos determinados en forma de eliminación de todas las no conformidades, es decir número cero de fallas humanas (defectos), fallas del equipo, accidentes y desperdicios. (Pa & Ižaríková, 2019).

Ait El Maalem y sus colaboradores (2021), nos mencionan cada uno de los pilares de la casa TPM;

1. Mejora de equipos y procesos

El equipo de mantenimiento debe centrarse en el mantenimiento preventivo y la gestión de repuestos y no solo en la reparación de averías y mantenimiento de 1er nivel.

2. Mantenimiento Autónomo

Son todas aquellas actividades realizadas por el operador. Los operadores tienen que compartir la responsabilidad del mantenimiento con los técnicos realizando algunas operaciones sencillas del 1er nivel de mantenimiento como limpieza, lubricación, calibración, inspección, entre otras.

3. Mantenimiento planificado

Los técnicos de mantenimiento trabajan para analizar, comprender y corregir pérdidas crónicas a través de actividades de mejora focalizadas. Las lecciones aprendidas se aplicarán al diseño de nuevos equipos.

#### 4. Educación y formación

Proporcionar el conocimiento de las tareas de mantenimiento que deben realizar los operadores.

#### 5. Gestión temprana de nuevos equipos

Se debe tener en cuenta las lecciones aprendidas de las máquinas al preparar nuevos diseños de estas, tales como el nivel de dificultad de mantenimiento de la maquinaria, costos de dichos mantenimientos, su confiabilidad, etc.

#### 6. Gestión de la calidad del proceso

Es necesario centrarse en el objetivo de cero defectos mediante el análisis de la causa raíz (diagrama de Ishikawa). Uno de los principales puntos que se deben gestionar es la variabilidad en los procesos.

#### 7. TPM en áreas administrativas

Enfoque en la mejora de la productividad y eficiencia de las funciones administrativas.

#### 8. Gestión de la seguridad y el medio ambiente:

El TPM no solo busca la eliminación de defectos de producción y mantener el equipo funcionando en todo momento, sino además consiste en crear un lugar de trabajo seguro y un medio ambiente limpio.

## **3. METODOLOGÍA**

### **3.1. Metodología 0-100**

Esta metodología es parte propiedad de la OEM (Ford Motor Company).

El objetivo de esta metodología es identificar mejoras en el diseño de la estación de trabajo y busca eliminar desperdicios para que los técnicos base se mantengan enfocados en la operación y ejecuten los procesos con el mayor grado de disciplina para lograr cero defectos.

Además, se busca identificar estaciones de trabajo robustas, diseñadas para reducir distractores y prevenir errores del operador y a contribuir para que la gente este motivada y ejecute su operación de manera disciplinada conforme al proceso diseñado.

#### **Introducción**

Combinando una estación de trabajo que tenga todos los requerimientos físicos y operativos, con un operador que siga el proceso diseñado (factor cultural) se obtendrá como resultado la "Estación de trabajo ideal". Buscando el mejor diseño de la estación de trabajo, normalmente dará un proceso muy eficiente.

La razón principal es que un proceso ideal mantenga al operador enfocado en la tarea, libre de distracciones como caminar, estirarse por herramientas o materiales, trasladándose de una sección del carro a otra y algunos aspectos que ayudan a eliminar NVA.

#### **Elementos del proceso**

##### **1. Factores culturales**

Los factores culturales se basan en el comportamiento de las personas y la consistencia que tengan haciendo lo correcto.

Lo que se busca es que el operador comprenda el diseño de su secuencia y por ende la siga sin excusa.

## 2. Factores físicos

Los factores físicos básicamente se relacionan al lay out.

Materiales y herramientas deben estar a la mano cuando el operador los necesite (posición dentro de la estación). El lay out debe ser una representación visual de la secuencia diseñada para la estación de trabajo.

## 3. Factores operativos:

Los factores operativos se relacionan al método.

El proceso en una estación de trabajo debe ser diseñada como una secuencia lógica para reducir la probabilidad de errores por parte de los operadores.

El objetivo es sugerir el proceso que se debe seguir para mejorar continuamente el diseño de las estaciones de trabajo (enfocarse en los factores operativos y físicos). El plan es tener un proceso que defina claramente el nivel de diseño de cada estación para que la organización pueda priorizar, tomar acciones y lograr el proceso de producción lo más cerca posible al "Ideal".

### **Factores físicos / operativos**

#### ***Estándares básicos***

Estándares físicos:

- Etiquetado de racks para partes productivas: Asegurando el correcto suministro de las partes.
- Delineado del piso (inicio, fin, líneas laterales): Identificando el inicio y el fin de la estación de trabajo para evitar adelantar procesos.
- Lay out general: Identificando la posición de las partes que componen la estación de trabajo.
- Estándares básicos de seguridad (EPP, guardas): Asegurando la seguridad del equipo de trabajo y del personal.
- Cantidad de material en estación: Evitando paros de línea por material faltante y mantener el orden en la estación de trabajo.



Estándares operativos:

- Botoneras de ayuda y paro (sistema Andon): Haciendo evidente las anomalías en el proceso, asegurando su seguimiento y sin afectar la seguridad de los miembros del equipo y la calidad de los productos.
- Hoja de operación estándar: Indicando la secuencia de la estación de trabajo.
- Entrenamiento: Evitando accidentes por desconocer la operación, paros de línea y problemas de calidad.
- Control de rotación: Asegurando que cada estación de trabajo cuenta con mínimo 3 técnicos que están certificados por turno.
- Ergonomía en la operación: Evitando lesiones en los miembros del equipo.

## Plan Sugerido

El plan para implementar un sistema para mejorar continuamente el diseño de la estación de trabajo se describe en **5** puntos esenciales, los cuales se mencionarán y se explicarán en qué consiste cada uno de ellos:

### *Estándares de diseño*

#### **3.1.1 Entendimiento claro de los estándares de diseño de la estación de trabajo.**

Los principales factores operativos y físicos (que más afectan a la calidad) fueron definidos en forma de 12 estándares.

Los estándares reflejan una forma lógica de llevar a cabo la operación:

**Figura 3.1 Estándares físicos y operativos**

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15		
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio secuenciado o en kit	15		
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10		
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10		
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10		
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10		
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5		
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5		
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5		
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5		
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5		
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5		

Los estándares de diseño se dividen en 4 categorías:

- Estándares relacionados con agrupación del proceso
- Estándares relacionados con elementos aislados
- Estándares relacionados con selección de partes
- Estándares relacionados con caminados

**ESTÁNDARES RELACIONADOS CON LA AGRUPACIÓN DEL PROCESO:**

A lo largo de la línea de ensamble: Tratar de agrupar procesos completos en la estación. Si no es posible, tratar de completarlo lo más posible. (Terminarlo en la siguiente estación sería lo mejor).

Condición recomendada:



Condición no recomendada:



En la estación de trabajo: Los elementos del mismo proceso deben estar juntos.

Condición recomendada:



Condición no recomendada:



1. La estación de trabajo inicia y termina el ensamble de la parte

Si un proceso se divide entre varias estaciones de trabajo, la calidad dependerá de más personas (mayor riesgo de error humano).

Para el operador es más fácil enfocarse en la instalación de una parte o proceso, que instalar piezas de diferentes partes o procesos.

2. Terminar la instalación de una parte antes de iniciar la instalación de otra parte

Si el operador pasa a un proceso diferente antes de terminar el que ya empezó, hay un alto riesgo de que olvide cerrar el proceso inicial pendiente por las distracciones de la línea de ensamble.

Hay procesos que por su naturaleza necesitan ser dejados incompletos. Algunas alternativas son: Hacer evidente que el proceso no se ha completado mediante ayudas visuales o de manufactura.

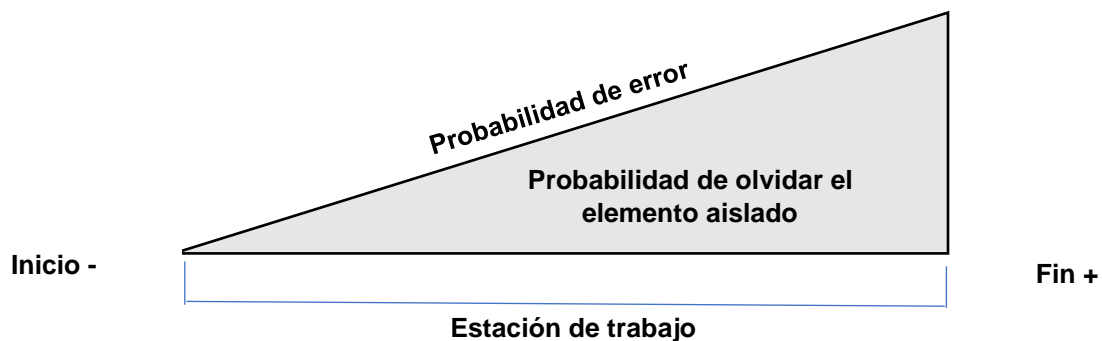
**ESTÁNDARES RELACIONADOS CON LOS ELEMENTOS AISLADOS:**

Los elementos aislados son los procesos o segmentos del proceso con las siguientes características:

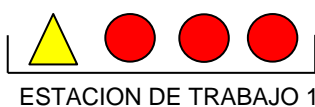
- Son completados en tiempos de ciclo cortos.
- No están relacionados con el proceso principal de la estación de trabajo
- Elementos aislados típicos: Etiquetas, tapones, conexiones eléctricas o pernos de otros procesos.

En la estación de trabajo: Cuando exista un elemento aislado en la estación de trabajo debe hacerse al inicio del ciclo. Cualquier interrupción en el flujo del proceso incrementa la probabilidad de olvidar el elemento aislado.

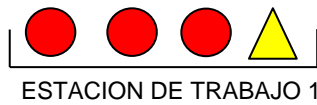
**Figura 3.2** Probabilidad de error de un elemento aislado



Condición recomendada:



Condición no recomendada:



1. Los elementos aislados tienen las siguientes características: Es instalado al inicio de la secuencia, es tomado al inicio de la secuencia, es agregado al carro en procesos previos.

Cualquier problema en la estación de trabajo puede causar que el operador se apure para recuperarse. Esto incrementa la probabilidad de olvidar operaciones que consumen poco tiempo.

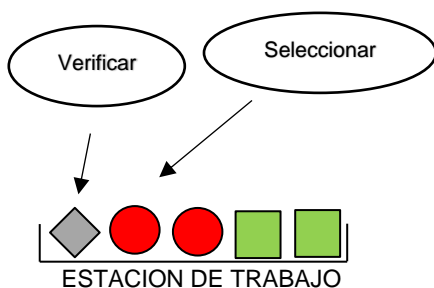
Algunos elementos aislados tienen que ser instalados a la mitad del proceso. Algunas alternativas son:

- Tomar la parte al inicio del ciclo (solo la cantidad requerida).
- Kits secuenciados.

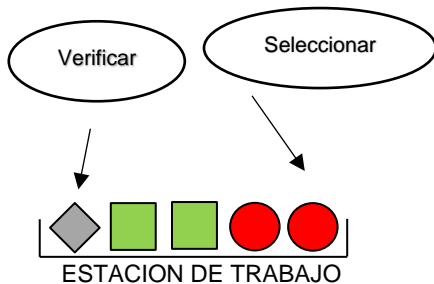
#### *ESTÁNDARES RELACIONADOS CON SELECCIÓN DE PARTES:*

La probabilidad de error crece con el tiempo que pasa durante la verificación de opciones y al tomar la parte opcional. El proceso óptimo consiste en que el operador verifique la opción y tomando la parte opcional inmediatamente después de la verificación de opciones.

Condición recomendada:



Condición no recomendada:



1. Elementos opcionales sin Error Proofing deben cumplir con al menos una de las siguientes características: Son instaladas al inicio de la secuencia, son tomadas al inicio de la secuencia, son agregadas al carro en procesos previos o son agregadas a la estación en secuencia de acuerdo al plan de producción.

Algunas restricciones ocurren cuando ensambles opcionales no pueden hacerse al inicio del ciclo.

2. Partes con 3 o más opciones requieren Error Proofing, secuenciado o kit.
3. Error Proofing habilitado de acuerdo a la secuencia: No hay espera en medio del proceso.

Los operadores tienden a evitar el tiempo de ocio una vez que el ciclo comenzó, falta de sincronización en el Error Proofing puede causar que la selección se haga sin la ayuda del Error Proofing.

#### *ESTÁNDARES RELACIONADOS CON CAMINADOS:*

Es sumamente importante minimizar el caminar, cada vez que el operador se aleja de la unidad para ir al rack, se pierde concentración en la operación.

1. Caminar al rack a tomar material una vez por ciclo (máximo).

Caminar al rack debe hacerse al inicio del ciclo, permitiendo al operador enfocarse en su operación una vez que empezó.

Algunas opciones para cumplir el estándar son: Usar cangurera para cargar las partes, preparar un kit de su material, agregar las partes del producto en estaciones anteriores, entre otros.

2. Material acomodado de acuerdo a la secuencia / en el punto de uso o en kit.

El material debe estar a la mano al momento que se necesite instalar. Una forma eficiente de tomar el material es cuando el técnico va de regreso al inicio de su proceso.

3. Herramientas en el lugar de uso.

Las herramientas que el operador pueda utilizar deben de estar siempre en su lugar, para de esta manera evitar paros de línea por falta de material.

4. Trabajar solamente en una sección del vehículo o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos.

Trabajar en una sola sección del producto permite al operador enfocarse completamente en el proceso.

Otra opción es trabajar en secciones continuas para minimizar oportunidades de distracción y minimizar el caminar.

5. Carga de trabajo de al menos 85%, % de utilización de la estación es superior al 85%

Adecuar la carga de trabajo obliga al operador a seguir la secuencia.

6. Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea.

No debe haber limitaciones físicas que impidan que el operador termine toda la estación, aún si la línea para.

Dejar el proceso incompleto cuando la línea para, genera un gran riesgo de olvidar el nivel de ensamble que tuvo el carro. Cuando la línea corre de nuevo el operador puede confundirse y generar errores.

Algunas limitaciones físicas que pueden comprometer este estándar son:

- Largo de la manguera.
- Rango de operación de las herramientas.
- Secciones donde el trabajo se localiza (alto riesgo son estaciones que trabajan por la parte frontal y trasera).

### **3.1.2 Evaluación basada en estándares de las estaciones de trabajo.**

Factores físicos y operativos: diseño de la estación de trabajo:

- En el proceso de evaluación de la estación de trabajo cada estándar tiene puntos asignados (5,10,15).
- Estaciones que cumplan todos los estándares obtienen una calificación de 100.

Consideraciones en la evaluación:

Si no se cumple el estándar, la evaluación cuestiona: ¿Existe algún control efectivo para eliminar el riesgo de calidad?

Si la estación tiene un control adicional para prevenir el defecto, los puntos se suman al estándar y la evaluación no se ve afectada.

### **3.1.3 Resolviendo los ítems "Just do it" y recalculando la evaluación (estado inicial).**

Dos tipos de ítems pueden surgir:

1. Estándares que pueden cumplirse con acciones menores:

Como modificaciones del lay out, cambio de secuencia, posicionando herramientas cerca del operador, entre otros.

2. Estándares que pueden cumplirse con acciones mayores como:

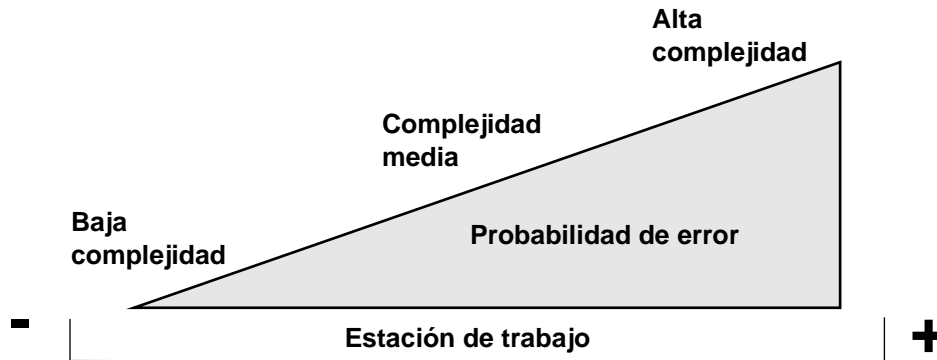
Rebalanceos, nuevas herramientas, material secuenciado o en kit, entre otros.



### Complejidad

La complejidad de la estación es uno de los factores que ayudan a lograr el nivel de estación ideal.

**Figura 3.3** Complejidad de la estación de trabajo basada en la probabilidad de error.



**Figura 3.4** Procesos relacionados por errores típicos (causa de los procesos con errores).

PROCESO FUENTE DE ERROR	ERROR
Selección de partes / ensambles opcionales	Equivocados
	Faltantes
Elementos aislados	Faltantes
	Flojos / sueltos
Conexiones eléctricas	Desconectados

Podemos de ver de manera más explícita la relación entre la complejidad de la estación de trabajo y los procesos fuente de error:

**Figura 3.5** Relación entre complejidad y procesos fuente de error.

Complejidad	Procesos fuente de error	Selección de partes / ensambles opcionales	Elementos aislados	Conexiones eléctricas	Mangueras
ALTA		1. Selección manua (no asistida)	1. No instalada al inicio	1. Instala parte 2. Interrumpe 3. Conecta	1. Instala parte 2. Conecta 3. Interrumpe 4. Libera
MEDIA		1. Pick light	1. Instalada al inicio	1. Instala parte 2. Conecta	1. Instala parte 2. Conecta 3. Libera
BAJA		1. Secuenciado 2. Scanner 3. PY por producto		1. Conecta 2. Instala	1. Conecta 2. Libera 3. Instala

## Factores culturales

### **Antropometría / Habilidad**

Determinar la capacidad física de cada trabajador con el fin de ser asignado a la estación para la cual tenga mayor aptitud y reducir la variación en el método de trabajo.

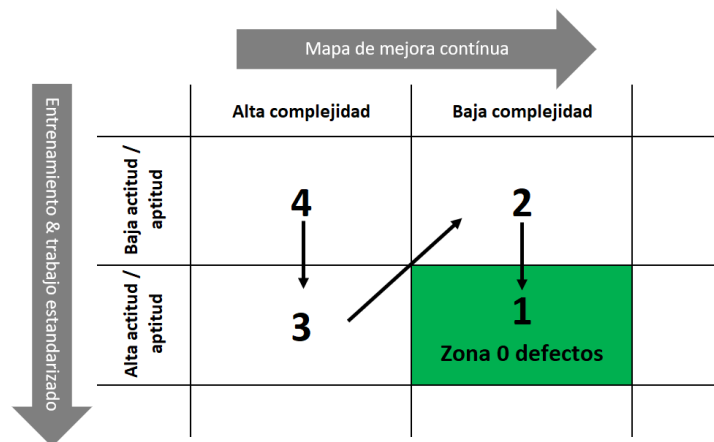
Es importante porque podemos determinar las capacidades de cada técnico y asignarlo a la estación óptima donde pueda desarrollar mejor sus funciones.

### **Aptitud**

La aptitud, es la capacidad del técnico para retener información y mantener la concentración en la tarea a pesar del "ruido" que proviene del sistema.

Una estación clasificada como complejidad ALTA requiere un técnico con excelente actitud, pero también con las habilidades necesarias para desempeñar sus funciones.

**Figura 3.6** Zona 0 defectos.



### **Actitud**

La actitud es el nivel de compromiso del técnico hacia el cumplimiento de estándares.

Existen 12 factores de evaluación, cada factor tiene una respuesta definida por el Process Coach correspondiente. Los factores son: Consume alimentos únicamente

en la mesa de descanso. Respeta los tiempos de la secuencia (no adelanta la operación). Cuando realiza su operación de trabajo, lo hace con ojos y mente en la tarea. Detecta y reporta anomalías de SQDCME inmediatamente después de identificarlo. Utiliza las botoneras para reportar anomalía. Mantiene una buena relación con su grupo de trabajo. Mantiene limpia su área de trabajo. Apoya y participa en las iniciativas de rebalances y contenciones. Tiene apertura para recibir retroalimentación. Muestra avances después de un proceso de estandarización. Hace uso correcto del permiso para ir al baño. Hace uso correcto del permiso para ir al servicio médico.

**3.1.4 Identificar visualmente el estado inicial de la estación de trabajo y desarrollar el futuro estado (mapa de la mejora continua).**

**3.1.5 Llevar un seguimiento del proceso de transición desde el estado inicial hasta el futuro.**

## 4. IMPLEMENTACIÓN

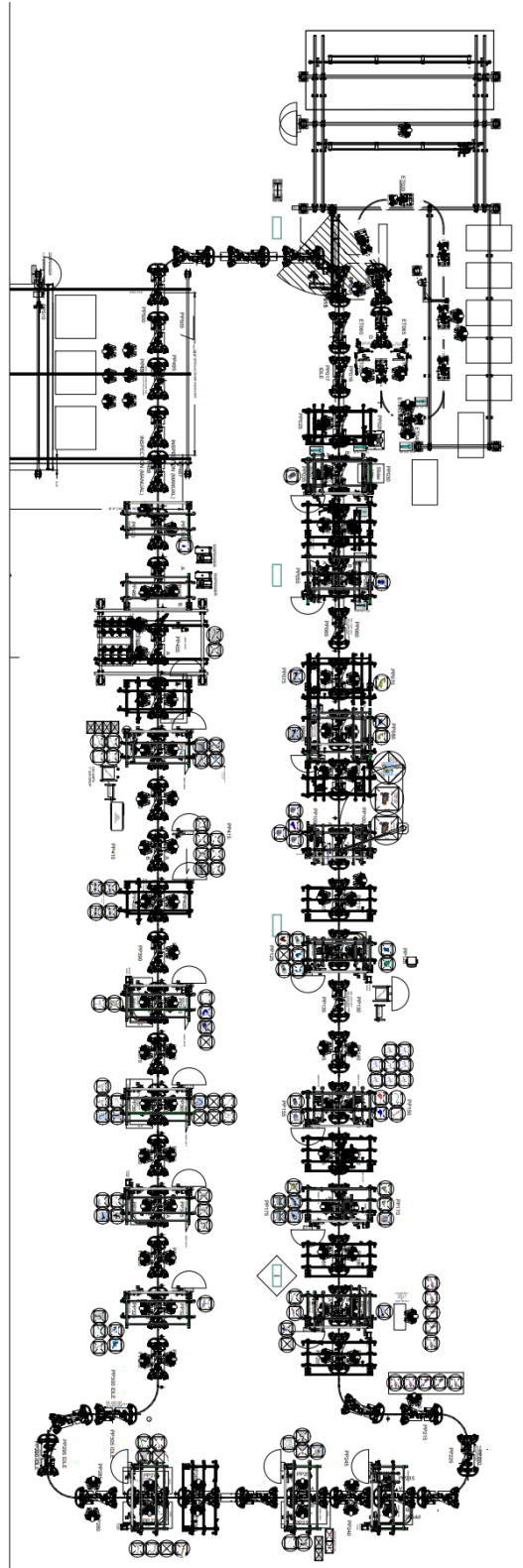
En el presente trabajo de investigación, el estudio se llevará a cabo en el área productiva de la planta, es decir, en donde se lleva a cabo el proceso de ensamble para obtener el producto final. Dentro de la planta módulos existen 3 líneas de ensamble, la cual la primera produce el corner delantero del automóvil, la segunda línea de producción produce la suspensión delantera y trasera del automóvil, y la tercera, la cual nos estaremos enfocando en este estudio, produce el motor y transmisión del automóvil; cabe recordar, es la línea con la que mayor número de personal y estaciones cuenta (figura 4.1).

*Figura 4.1* Número total de estaciones de trabajo en línea de motores.

No. Estaciones	ESTACIÓN
1	ET020
2	ET030
3	ET040/ET045
4	ET050/ET055
5	ET-PP
6	PP020/PP025
7	PP030/PP035
8	PP040/PP045
9	PP050/PP055
10	PP070/PP075
11	PP080/PP085
12	PP090/PP095
13	PP100/PP105
14	PP110/PP115
15	PP120/PP125
16	PP140/PP145
17	PP150/PP155
18	PP160/PP165
19	PP170/PP175
20	PP180/PP185
21	PP190/PP195
22	PP200/PP205
23	PP210
24	PP230/PP235
25	PP240/PP245
26	PP250/PP255
27	PP260/PP265
28	PP270/PP275
29	PP310/PP315
30	PP320/PP325
31	PP330/PP335
32	PP340/PP345
33	PP350/PP355
34	PP360/PP365
35	PP370/PP375
36	PP380/PP385
37	PP395
38	PP400/PP405
39	PP410/PP415
40	PP420/PP425
41	PP430/PP435
42	PP440/PP445
43	PP450/PP455
44	PP460/PP465
45	PP470/PP475
46	PP480

Como podemos observar, la línea cuenta con 46 estaciones de trabajo en la cual se realizan diferentes tipos de operaciones. A continuación, se representan las estaciones de trabajo en el Layout de la línea de motores (figura 4.2).

Figura 4.2 Layout línea motores.



Para fines del penúltimo punto en el presente estudio "implementación", nos estaremos enfocando en aquellas estaciones cuyos cambios hayan resultado de mayor relevancia para la compañía, por lo cual estaremos viendo en cada uno de los subpuntos de nuestra metodología las siguientes estaciones:

1. PP050/PP055
2. PP140/PP145
3. PP150/PP155
4. PP160/PP165
5. PP230/PP235
6. PP240/PP245
7. PP250/PP255
8. PP310/PP315
9. PP330/PP335
10. PP350/PP355
11. PP395
12. PP400/PP405

## 4.1 Entendimiento claro de los estándares de diseño de la estación de trabajo.

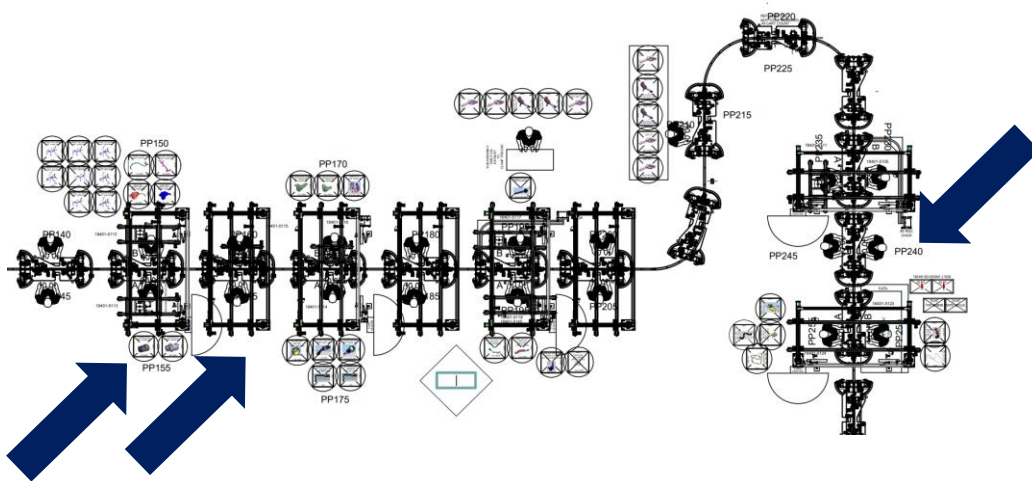
### Estándares relacionados con la agrupación del proceso:

Para el subpunto número uno de implementación de nuestra metodología antes mencionada, se implementaron cambios en 7 áreas de trabajo, lo cual representa un 15.21% del total de nuestras estaciones de trabajo. A lo largo de este primer punto se identificarán visualmente tres ejemplos del trabajo que se llevó a cabo (figura 4.3).

Las estaciones en las cuales nos estaremos enfocando y serán identificadas posteriormente son;

1. PP150/PP155
2. PP160/PP165
3. PP240/PP245

**Figura 4.3** Identificación de estaciones agrupadas por proceso.



En las estaciones previamente mencionadas, se atacó uno de los principales motivos de quejas del cliente que recibe la compañía, las cuales son *conexiones de mangueras*. Se trabajó en los estándares de manera que la estación de trabajo inicia y termina el ensamble de la parte. Esto para dejar la responsabilidad en un solo operador. Además, se trabajó en la secuencia de ensamble que se sigue en dicha

operación, para cumplir con el estándar de terminar la instalación de un componente antes de iniciar la otra.

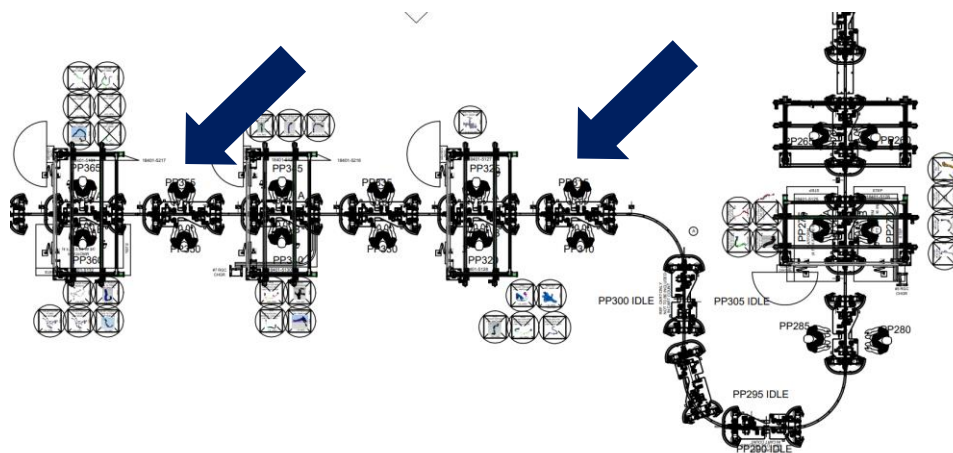
#### Estándares relacionados con elementos aislados

Para el subpunto número dos, se implementaron cambios en 17 áreas de trabajo, lo cual representa un 36.95% del total de nuestras estaciones de trabajo. De igual manera, se identificarán visualmente dos ejemplos del trabajo que se llevó a cabo (figura 4.4).

Las estaciones en las cuales nos estaremos enfocando y serán identificadas posteriormente son:

1. PP310/PP315
2. PP350/PP355

**Figura 4.4** Identificación de estaciones por elementos aislados.



En las estaciones identificadas, de igual manera nos enfocamos en conexiones de mangueras, más sin embargo, esta operación en específico se realizaba en tiempos de ciclo cortos (tiempo de ciclo no mayor a 10 segundos) lo cual hacía la de la estación una operación con elemento aislado. Además, dicha conexión quedaba totalmente fuera de la vista del operador, quien tenía que maniobrar para poder visualizar el orificio de entrada.



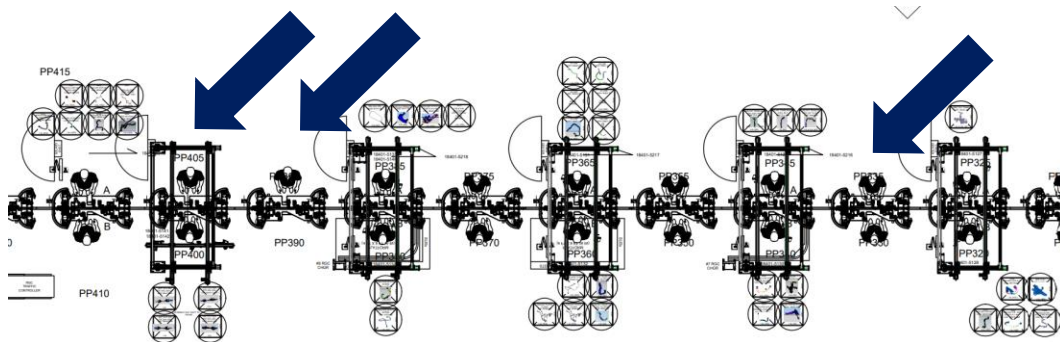
Estándares relacionados con selección de partes

Para el penúltimo subpunto de nuestra metodología, se implementaron cambios en 9 áreas de trabajo, lo cual representa un 19.56% del total de nuestras estaciones de trabajo. A lo largo de este penúltimo apartado, se explicarán e identificarán visualmente dos ejemplos del trabajo que se llevó a cabo (figura 4.5).

Las estaciones en las cuales nos estaremos enfocando y serán identificadas posteriormente son;

1. PP330/PP335
2. PP395
3. PP400/PP405

**Figura 4.5** Identificación de estaciones por selección de partes.



Por otra parte, en la primera estación mencionada (PP330/PP335), se tenía un componente el cual era de bastante similitud con otro, el cual es utilizado en modelos diferentes, por lo tanto existía un alto riesgo de equivocación por parte del operador, además; no se contaba con ningún tipo de poka-yoke en la estación.

Lo que se decidió implementar, fue realizar un reacomodo de material de manera en que no estuvieran en una misma estación dichos componentes, y a su vez, se le agregó escaneo de material para minimizar el error humano al momento del ensamblaje de la parte.

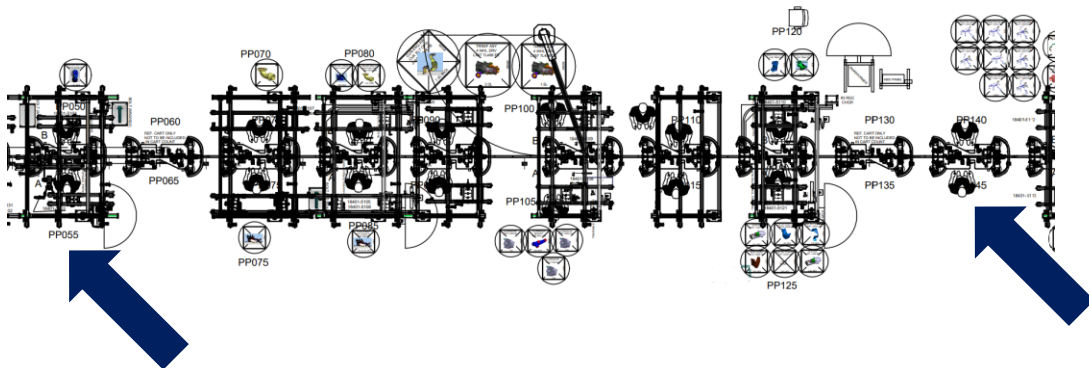
Estándares relacionados con caminados

Para el último subpunto de nuestra metodología, se implementaron cambios en 17 áreas de trabajo, lo cual representa un 36.95% del total de nuestras estaciones de trabajo. A lo largo de este último apartado, se explicarán e identificarán visualmente cuatro ejemplos del trabajo que se llevó a cabo (figura 4.6).

Las estaciones en las cuales nos estaremos enfocando y serán identificadas posteriormente son;

1. PP050/PP055
2. PP140/PP145

**Figura 4.6** Identificación de estaciones por caminados.



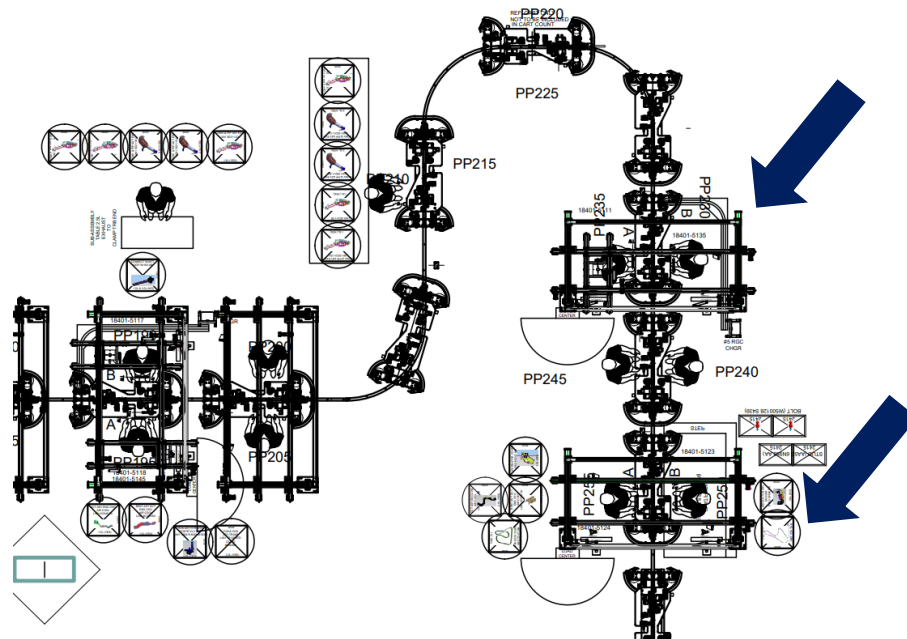
Para este caso, el principal logro fue la reducción del tiempo ciclo en dicha estación (PP140/PP145), esto gracias a la metodología empleada y sus estándares de caminado. (caminado al rack una vez por ciclo).

La mejora que se obtuvo fue de 8 segundos de caminado, reduciéndose el mismo mediante la presentación del material en estaciones anteriores.

Otro ejemplo claro de la implementación de los estándares de caminado (figura 4.7), se les atribuye a las siguientes estaciones:

1. PP230/PP235
2. PP250/PP255

**Figura 4.7** Identificación de estaciones por caminados.



Se implementaron cambios en las estaciones antes mencionadas de manera en que ambas trabajasen en una misma sección del vehículo, ya que anteriormente el operador se trasladaba al otro extremo del motor a realizar una segunda operación. De igual manera, esto contribuye a que el operador se mantenga enfocado en su operación y a reducir el tiempo de ciclo.

## 4.2 Evaluación basada en estándares de las estaciones de trabajo.

A continuación, se muestra la evaluación basada en los estándares físicos y operativos.

Se realizó dicha evaluación para cada una de las estaciones en las cuales se implementaron cambios, ya sean cambios menores como cambios de secuencia o bien, cambios mayores como rebalanceos. Mas sin embargo, como se mencionó al principio de la implementación, nos enfocaremos en las estaciones mencionadas, para de esta manera poder visualizar toda la transición del estado actual al estado futuro.

**IMPLEMENTACIÓN 1:**

La implementación número uno consta de tres estaciones diferentes las cuales fueron intervenidas en conjunto para cumplir con el objetivo del presente punto de metodología. Dichas estaciones fueron evaluadas un antes y después;

1. PP150/PP155
2. PP160/PP165
3. PP240/PP245

**Descripción:**

1. Para la estación PP150/PP155 (figura 4.8), podemos ver que la evaluación está por debajo de lo aceptable (80 puntos), la cual no cumplía con tres estándares operativos de nuestra metodología que nos menciona que está relacionado al método en que se realiza la operación, por lo que se tuvieron que realizar ciertos cambios para poder cumplir con los estándares.

Se realizaron cambios en dicha estación relacionados a elementos aislados, ensamble completo de las partes y finalizar operación antes de iniciar otra.

Después de tener la evaluación del estado actual, se implementó el cambio y podemos ver la evaluación estado futuro, la cual cumple con el puntaje mínimo aceptable.

**Figura 4.8** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP150/PP155

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	0	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, secuenciado o en kit	15	15	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	0	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	0	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	5	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	5	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	5	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>65</b>	<b>100</b>	

*Descripción:*

2. Para la estación PP160/PP165 (figura 4.9), de igual manera podemos darnos cuenta que la evaluación no estaba en un puntaje aceptable. Dicha estación no cumplía con seis estándares operativos, los cuales de los más importantes destacan: partes con tres operaciones o más requieren EP y terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte; por lo tanto, se realizaron cambios en dicha estación para poder cumplir con el estándar. A continuación, podemos ver la evaluación estado actual (antes) y estado futuro (después).

**Figura 4.9** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP160/PP165

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	0	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio secuenciado o en kit	15	0	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	0	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	0	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	0	10	
6	FÍSICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	5	5	
9	FÍSICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	0	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	5	5	
12	FÍSICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>100</b>	

*Descripción:*

3. Para la estación PP240/PP245 (figura 4.10), en la evaluación del estado actual podemos ver que no se cuenta con ningún puntaje, esto se debe a que el operador de la estación no realizaba ningún tipo de actividad en el modelo implementado, por lo cual el cambio fue agregar operaciones a la estación. Dicho cambio fue clave para el cumplimiento de la metodología 0-100 en las estaciones mencionadas en la implementación 1, además que se niveló la carga de trabajo en las tres estaciones y se mejoró el tiempo de ciclo.

**Figura 4.10** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP240/PP245

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	N/A	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al iniciom secuenciado o en kit	15	N/A	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	N/A	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	N/A	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	N/A	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	N/A	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	N/A	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	N/A	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	N/A	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	N/A	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	N/A	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	N/A	5	
			TOTAL	N/A	100	

**IMPLEMENTACIÓN 2:**

En la segunda implementación, nos enfocaremos en solamente dos estaciones, que de igual manera que la implementación anterior, dichas estaciones fueron intervenidas para cumplir con la evaluación basada en los estándares de la estación de trabajo. La implementación número dos consta de las siguientes estaciones:

1. PP310/PP315
2. PP350/PP355

**Descripción:**

Para la estación PP310/PP315 (figura 4.11), ´podemos ver que no se cumplen con tres estándares de la evaluación; dos estándares operativos y un estándar físico. En la evaluación anterior, elementos aislados no eran instalados al inicio de la operación, esto debido a que la manguera (elemento aislado) quedaba totalmente fuera de la vista del operador, por lo cual se veía en la necesidad de realizar otras operaciones primero. Dicho cambio fue rebalancear la conexión de manguera a otra estación con el propósito de tener a la vista dicho componente, además; al operador se le proporcionó cangurera para poder tener las herramientas en el punto de uso

Dicho cambio no se obtuvo con un 100 de puntaje final, más sin embargo; cumple con el mínimo aceptable de la evaluación.

**Figura 4.11 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP310/PP315**

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	0	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al iniciom secuenciado o en kit	15	15	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	10	0	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	10	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	5	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	0	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	5	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	0	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	

**Descripción:**

Para la estación PP350/PP355 (figura 4.12), podemos ver que realmente no hubo ningún cambio en nuestra evaluación, mas sin embargo fue clave para mejorar la estación anterior (PP310/PP315), ya que se le agregó la conexión de manguera.

**Figura 4.12 Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP350/PP355**

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	15	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al iniciom secuenciado o en kit	15	15	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	10	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	10	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	5	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	5	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	5	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

**IMPLEMENTACIÓN 3:**

El enfoque de la tercera implementación será en este caso para tres estaciones, que de igual manera fueron intervenir para cumplir con los estándares de la estación de trabajo, dichas estaciones son;

1. PP330/PP335

2. PP395
3. PP400/PP405

*Descripción:*

Para la estación PP330/PP335 (figura 4.13), el mayor cambio que se realizó fue realizar un reacomodo de material sumamente similar a otro (manguera), utilizado en modelos diferentes, lo cual el riesgo de error humano es alto. Además de realizar dicho reacomodo de material en estaciones diferentes, se le agregó como error proofing un escaneo de material, para que de esta manera podamos disminuir el error aún más.

**Figura 4.13** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP330/PP335

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	0	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio secuenciado o en kit	15	0	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	10	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	10	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	5	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	0	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	5	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>65</b>	<b>100</b>	

*Descripción:*

En nuestra estación PP395 (figura 4.14), fue a la cual se le agregó el material de la estación previa, poniendo material para un modelo solamente.

Además de que se le agregó dicho material, se agrupo el proceso de conexión de manguera, ya que anteriormente solamente conectaba y no liberaba candado, lo cual el riesgo de error era máximo.

Realizando dichos cambios, cumplimos con el objetivo de puntaje de nuestra evaluación.



**Figura 4.14** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP395

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	15	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio secuenciado o en kit	15	15	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	0	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	0	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	0	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	5	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	5	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	5	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	

**Descripción:**

En la estación PP400/PP405, se atacaron estándares operativos (figura 4.15), de manera en que se eliminó de dicha estación la liberación de manguera que conectaba la estación previa (PP395), disminuyendo así el riesgo de olvido.

De igual manera, se le agregaron marcas de compra sucesivas a manera de verificación de que manguera haya sido liberada en la estación predeterminada.

**Figura 4.15** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP400/PP405

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	15	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio secuenciado o en kit	15	15	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	0	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	0	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	5	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	5	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	5	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	

**IMPLEMENTACIÓN 4:****Caso 1***Descripción:*

Como podemos darnos cuenta en la evaluación de la estación PP050/PP055 (figura 4.16), no fue realmente afectada en tema de puntaje, mas sin embargo, fue elemento clave para cumplir con el objetivo de la estación mostrada en la descripción siguiente (PP140/PP145).

**Figura 4.16** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP050/PP055

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	15	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al iniciom secuenciado o en kit	15	15	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	10	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	10	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	5	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	5	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	5	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

*Descripción:*

En la presente estación PP140/PP145 (figura 4.17), se realizó un gran cambio en materia de caminados, ya que se abordó estándares físicos y operativos relacionados con este, lo cual nos permitió reducir nuestro tiempo ciclo en 6 segundos además de cumplir con el mínimo aceptable de nuestra evaluación.

A su vez, dicho cambio fue importante si lo vemos desde el punto de vista ergonómico, ya que el operador no se agachará por el material ni caminará más de lo necesario.

**Figura 4.17** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP140/PP145

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	0	0	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio secuenciado o en kit	15	15	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	10	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	10	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	0	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	5	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	5	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia, en el punto de uso o en kit	5	0	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>85</b>	

## **Caso 2**

### *Descripción:*

En este penúltimo escenario, se muestra la evaluación de la estación PP230/PP235 (figura 4.18), la cual era no aceptable debido a que no cumplía con tres estándares operativos; esto debido a que trabajaba en lados opuestos del motor.

Posteriormente, se realizó un cambio de manera que el operador trabajara en el mismo sector del motor, por lo que se decidió quitarle dichas conexiones.

**Figura 4.18** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP230/PP235

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	0	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio secuenciado o en kit	15	15	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	10	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	10	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	0	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	5	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	0	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	

Descripción:

En esta última evaluación de nuestra estación PP250/PP255 (figura 4.19), la evaluación no se vió afectada, mas sin embargo fue de ayuda ya que se rebalanceo de manera que la estación antes mencionada, realiza la operación que antes realizaba la estación PP230/PP235, logrando así trabajar en un mismo sector del motor.

**Figura 4.19** Evaluación basada en los estándares físicos y operativos estación PP250/PP255

#	TIPOS DE ESTÁNDAR	ESTACIÓN COMÚN	PUNTOS	EVALUACIÓN ANTES	EVALUACIÓN DESPUÉS	DESCRIPCIÓN
1	OPERATIVO	Elementos aislados deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	15	15	15	
2	OPERATIVO	Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio secuenciado o en kit	15	15	15	
3	OPERATIVO	Ensamble completo de las partes en la estación	10	10	10	
4	OPERATIVO	Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	10	10	10	
5	OPERATIVO	Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	10	10	10	
6	FISICO	Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	10	10	10	
7	OPERATIVO	La carga máxima de la estación es superior al 85%	5	5	5	
8	OPERATIVO	Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	5	5	5	
9	FISICO	Herramientas en el punto de uso	5	5	5	
10	OPERATIVO	Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia : No hay espera en medio del proceso	5	5	5	
11	OPERATIVO	Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	5	5	5	
12	FISICO	Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	5	5	5	
			<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

### 4.3 Resolviendo los ítems "Just do it" y recalculando la evaluación (estado inicial).

Para el presente punto de nuestra implementación, surgieron dos tipos de ítems:

1. Estándares que pueden cumplirse con acciones menores tales como modificaciones del layout, cambio de secuencia, posicionando herramientas cerca del operador, entre otros.
2. Estándares que pueden cumplirse con acciones mayores como rebalanceos, nuevas herramientas, material secuenciado o en kit, entre otros.

A continuación, se muestra una tabla de relación según el tipo de ítem que surgió en las diferentes estaciones de trabajo, las cuales se identificará con la letra "X".

Tabla 4.1

**Tabla 4.1** Tabla de relación estación – ítem surgido.

ESTACIÓN	ITEM		DESCRIPCIÓN
	ACCIÓN MENOR	ACCIÓN MAYOR	
PP050/PP055		X	Se rebalanceo arnés de motor de manera que el operador de la estación lo presenta en carro RGC
PP140/PP145		X	Se rebalanceo arnés de motor de manera que el operador lo toma del RGC y no del rack (evita caminados)
PP150/PP155	X	X	Se rebalanceo conexión y liberado de manguera de manera que el operador inicia y termina su ensamble.
PP160/PP165	X	X	Se rebalanceo conexiones y liberaciones de manguera de manera que el operador realiza

			elementos aislados primero
PP230/PP235		X	Se rebalanceo conexiones de arnés de manera que el operador trabaja en un mismo sitio (evita caminados)
PP240/PP245	X	X	Se rebalanceo conexión y liberación de manguera a la presente estación para cumplir con tiempo ciclo
PP250/PP255		X	Se rebalanceo conexiones de arnés de manera que el operador trabaja en un mismo sitio (Operador concentrado)
PP310/PP315		X	Se rebalanceo ensamble de jumper de manera que operador realice operaciones que

			estén a su alcance
PP330/PP335	X	X	Se rebalanceo ensamblaje de material similar para evitar el error humano
PP350/PP355	X	X	Se rebalanceo conexión de manguera de manera que el operador realice operaciones que estén a su alcance
PP395		X	Se rebalanceo conexión y liberación de manguera de manera que el operador termine su operación
PP400/PP405		X	Se rebalanceo conexión y liberación de manguera de material similar junto con poka-yoke

### 4.3.1 Complejidad

Como podemos darnos cuenta en algunas de las estaciones surgieron los dos tipos de ítems existentes; acciones mayores y/o acciones menores, las cuales se les atribuye principalmente a rebalances y cambios de secuencia de operación.

La mayoría de las estaciones modificadas, tienen conexiones eléctricas / conexiones de mangueras, por lo que si nos enfocamos en nuestra tabla de metodología "Relación entre complejidad y procesos fuente de error" y vemos el antes y después de dichos procesos, podemos visualizar que dicha relación se encuentra en rojo (alta), debido a que no seguían la metodología debida.

### 4.3.2 Factores culturales

Los factores culturales se relacionan específicamente a las personas y la manera en la que estos realizan sus operaciones. Además, se toma en cuenta la facilidad con la que estos se adaptan al cambio.

Para llevar a cabo la implementación del presente punto, se tuvo una estrecha colaboración con el departamento de producción, desde gerencia hasta líderes de producción, ya que fue con ellos con los que asignan a los operadores en la estación óptima según:

1. Antropometría / habilidad

Capacidad física del operador.

2. Aptitud

Capacidad para retener información y concentración.

3. Actitud

Cumplimiento de los estándares (factores de evaluación).

Los puntos mencionados anteriormente fueron clave para la asignación correcta de los operadores a cada una de las estaciones, sin olvidar los 12 factores de evaluación mencionados en la metodología, mismos que fueron aplicados a los operadores.



#### **4.4 Identificar visualmente el estado inicial de la estación de trabajo y desarrollar el futuro estado (mapa de la mejora continua).**

A continuación, se muestran las actividades realizadas en las diferentes estaciones de trabajo, así como su tiempo de ciclo.

Se realizó una tabla de combinación de trabajo estandarizado para cada una de las estaciones en las cuales se implementaron cambios, para de esa manera poder identificar explícitamente de qué manera está la estación actualmente (estado inicial) y la manera en la que estará en después del cambio (estado futuro).

De igual manera, se mostrarán las estaciones de trabajo enfocadas al inicio de la implementación.

##### ***IMPLEMENTACIÓN 1:***

En nuestra primera implementación la cual involucra a las siguientes estaciones: PP150/PP155, PP160/PP165 y PP240/PP245, se realizará la tabla de combinación de trabajo estandarizado. A su vez, las estaciones forman parte de un mismo rebalanceo

##### **Estado inicial:**

Debido a la naturaleza del proceso, en la estación PP150/PP155 el elemento aislado no podría ser instalado al inicio de la operación, ya que se necesitaba asegurar primeramente el elemento torqueado, para posteriormente realizar la inserción de manguera correspondiente. Además, el ensamble de dicha manguera no se realizaba en su totalidad por lo que existía un alto riesgo de olvido.

Podemos observar que el tiempo de ciclo es de 34 segundos, el cual está dentro del estándar (figura 4.20).

**Figura 4.20** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP150/PP155 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: 34 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP150/PP155					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma herramienta de torque	1			1
2	Posiciona herramienta de torque en tuerca de compresor	3			4
3	Realiza torque 1			3	7
4	Realiza cambio de dado	3			10
5	Posiciona herramienta de torque en perno 1 de compresor	2			12
6	Realiza torque 2			3	15
7	Posiciona herramienta de torque en perno 2 de compresor	1			16
8	Realiza torque 3			3	19
9	Coloca herramienta en posición inicial			3	22
11	Toma manguera A de RGC y aplica merphol	5			27
12	Inserta orificio 1 de manguera A en bomba de agua	2			29
13	Inserta orificio 2 de manguera A en motor	3			32
	Toma plumón y realiza marcas de compra	1			33
14	Libera carro RGC	1			34
TOTAL		22	0	12	34

Como podemos observar en la evaluación realizada para la presente estación de trabajo (PP160/PP165) en el punto 4.2 del presente trabajo, no se cumplía con la evaluación. Esto debido a que el elemento aislado (manguera A) se liberaba al final. Además, no se contaba con ningún tipo de error proofing que asegurara la liberación de dicha manguera, así como el ensamble de las dos mangueras ensambladas en la estación (manguera B y C), ver figura 4.21.

**Figura 4.21** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP160/PP165 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: 39			
Línea: Motores					
Estación: PP160/PP165					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma manguera B de rack y aplica merphol	3			3
2	Inerta manguera B en bomba de motor	3			6
3	Toma botador y libera clamp 1	2			8
4	Retira tapones de bomba de agua y desechalos		4		12
5	Toma manguera C de rack y aplica merphol	5			17
6	Inserta orificio 1 de manguera C en bomba de motor	3			20
7	Inserta orificio 2 de manguera C en bomba de agua	3			23
8	Toma botador y libera clamp 2 de manguera C	3			26
9	Libera clamp 3 de manguera C	3			29
10	Libera clamp 4 de manguera A	3			32
11	Libera clamp 5 de manguera A	2			34
12	Toma plumón y realia marcas de compra	4			38
13	Libera RGC	1			39
TOTAL		35	4	0	39

Como se observa en la figura 4.22 estación PP240/PP245 anteriormente no se realizaba ninguna operación, por lo que se identificó una gran área de oportunidad

para cumplir con la metodología, así como reducir la carga de trabajo en las demás estaciones.

**Figura 4.22** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP240/PP245 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: N/A			
Línea: Motores					
Estación: PP240/PP245					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
TOTAL		N/A	N/A	N/A	N/A

Estado futuro:

En el estado futuro de las estaciones antes mencionadas, se especificará puntualmente los cambios que se tuvieron que realizar para poder cumplir con nuestra metodología y mejorar el tiempo ciclo en cada una de las estaciones.

Los cambios que se llevaron a cabo en la estación PP150/PP155 (figura 4.23) son:

1. Quitar manguera "A" de la estación y agregar ensamble a la estación PP240/PP245.
2. Agregar manguera "B" a la estación, proviniendo de estación PP160/PP165.
3. Permitir el adelantamiento de operación.
4. Permitir el ensamble completo de las partes.
5. Instalar elemento aislado primero.
6. Reducir el tiempo de ciclo en 2 segundos.
7. Cambio de secuencia.

**Figura 4.23** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP150/PP155 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Futura		Tiempo de ciclo: 32 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP150/PP155					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma manguera B de rack y aplica merphol	3			3
2	Inserta manguera B en bomba de motor	3			6
3	Toma botador y libera clamp	2			8
4	Toma herramienta de torque	1			9
5	Posiciona herramienta de torque en tuerca de compresor	3			12
6	Realiza torque 1			3	15
7	Realiza cambio de dado	3			18
8	Posiciona herramienta de torque en perno 1 de compresor	2			20
9	Realiza torque 2			3	23
10	Posiciona herramienta de torque en perno 2 de compresor	1			24
9	Realiza torque 3			3	27
11	Coloca herramienta en posición inicial			3	30
12	Toma plumón y realiza marcas de compa	1			31
13	Libera carro RGCC	1			32
TOTAL		20	0	12	32

Para la estación PP160/PP165 (figura 4.24) los cambios fueron los siguientes:

1. Quitar liberación de candados (2) de manguera "A".
2. Presentar solamente manguera "A" en RGC y ensamble en estación PP240/PP245.
3. Quitar manguera "B" y agregar ensamble a la estación "PP150/PP155".
4. Cambio de secuencia.
5. Error proofing habilitados (escaneos).
6. Reducir el tiempo de ciclo en 10 segundos.

**Figura 4.24** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP160/PP165 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Futura			Tiempo de ciclo: 29 seg		
Línea: Motores					
Estación: PP160/PP165					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma mangueras de rack (A & C)	4			4
3	Coloca manguera A sobre RGC	1			5
4	Retira tapones de bomba de agua y colocalas sobre RGC	2			7
5	Inserta orificio 1 de manguera C en bomba de motor	3			10
6	Inserta orificio 2 de manguera C en bomba de agua	3			13
7	Toma botador y libera clamp 1	3			16
8	Libera clamp 2	3			19
9	Toma plumón y realia marcas de compra	4			23
10	Toma tapones de bomba de agua de RGC y desechalas		1		24
11	Toma escaner y realiza escaneo de material	3			27
12	Coloca escaner en posición inicial	1			28
13	Libera RGC	1			29
TOTAL		28	1	0	29

En la última estación de la implementación número uno PP240/PP245, se muestra de igual manera la tabla de combinación de trabajo estandarizado (figura 4.25). Los cambios y lo que se logró fue lo siguiente:

1. Agregar la totalidad de las actividades que se muestran en la tabla de combinación de trabajo estandarizado en la figura debajo.
2. Nivelación de cargas de trabajo.
3. Mejora de tiempo de ciclo en las demás estaciones.
4. Cumplimiento de metodología en la presenta y demás estaciones.

**Figura 4.25** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP240/PP245 estado futuro.

<b>TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO</b>					
Situación: Futura		Tiempo de ciclo: 21 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP240/PP245					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma manguera A de RGC y aplica merphol	5			5
2	Inserta orificio 1 de manguera A en bomba de agua	2			7
3	Inserta orificio 2 de manguera A en motor	3			10
4	Realiza ruteo de manguera A previamente conectada	2			12
5	Toma botador y libera clamp de orificio 2	3			15
6	Libera clamp de orificio 1	2			17
7	Toma plumón y realiza marcas de compra	3			20
8	Libera RGC	1			21
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>21</b>

## IMPLEMENTACIÓN 2

A continuación, se muestra el estado inicial y estado futuro de las estaciones PP310/PP315 y PP350/PP355, las cuales forman parte de un mismo rebalanceo y forman parte de la implementación número dos.

### Estado inicial:

Como se muestra en la figura 4.26, podemos darnos cuenta que en la estación PP310/PP315 en el paso número seis y siete el operador realizaba inserción y liberación de clamp de manguera, la cual estaba totalmente fuera de la vista del operador (elemento aislado) y existía un alto riesgo de que dicho ensamble estuviera fuera de especificación, o bien; riesgo de olvido.

**Figura 4.26** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP310/PP315 estado inicial.

<b>TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO</b>					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: 22 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP310/PP315					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma manguera de suministro de radiador de rack	4			4
2	Toma merphol	1			5
3	Aplica merphol a manguera de suministro	2			7
4	Posiciona manguera de suministro de radiador sobre motor	1			8
5	Realiza 2 encipados de manguera de suministro de radiador a motor	3			11
6	Inserta manguera de suministro de radiador en motor	2			13
7	Toma botador y libera clamp	3			16
8	Toma plumón y realiza marcas de compra correspondientes	5			21
8	Libera RGC	1			22
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22</b>

Podemos observar en la estación PP350/PP355 otro caso en que la evaluación de los estándares físicos y operativos no se ven afectados en lo absoluto. Dicha estación, cumple 100% en los estándares antes y después del rebalanceo. Ver figura 4.27.

**Figura 4.27** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP350/PP355 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: 15 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP350/PP355					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma línea de gasolina de rack	2			2
2	Coloca bracket de línea de gasolina en perno de motor	3			5
3	Inserta línea de gasolina en orificio de motor	3			8
4	Toma plumón y realiza marcas de compra	2			10
5	Toma escaner y realiza escaneode línea de gasolina	2			12
6	Coloca escaner en posición inicial	2			14
7	Libera RGC	1			15
<b>TOTAL</b>		15	0	0	15

### Estado futuro

A continuación podemos observar los cambios que tuvo la estación PP310/PP315 después de haber sido modificada. Ver figura 4.28.

1. Mover de la estación de trabajo inserción de manguera de suministro de radiador.
2. Mover de la estación de trabajo liberación de clamp de manguera de suministro de radiador.
3. Proporcionar al operador cangurera para la colocación de liberador de clamp (herramienta).

**Figura 4.28** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP310/PP315 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Futura		Tiempo de ciclo: 12 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP310/PP315					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma manguera de suministro de radiador de rack	4			4
2	Posiciona manguera de suministro de radiador sobre motor	1			5
3	Realiza 2 enclapados de manguera de suministro de radiador a motor	3			8
4	Toma plumón y realiza marcas de compra correspondientes	3			11
5	Libera RGC	1			12
<b>TOTAL</b>		12	0	0	12

Por otra parte, se muestran los cambios de la estación PP350/PP355 (figura 4.29). Cabe recordar de que a pesar de que la estación tuvo cambios, la evaluación no fue afectada.

1. Agregar a la estación de trabajo inserción de manguera de suministro de radiador
2. Agregar a la estación de trabajo liberación de clamp de manguera de suministro de radiador.

**Figura 4.29** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP350/PP355 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Futura		Tiempo de ciclo: 26 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP350/PP355					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma línea de gasolina de rack	2			2
2	Toma merphol	1			3
3	Coloca línea de gasolina sobre motor y aplica merphol a orificio de manguera de suministro de radiador	4			7
4	Inserta manguera de suministro de radiador en motor	2			9
5	Toma botador y libera clamp	3			12
6	Coloca bracket de línea de gasolina en perno de motor	3			15
7	Inserta línea de gasolina en orificio de motor	3			18
8	Toma plumón y realiza marcas de compra	3			21
9	Toma escaner y realiza escaneo de línea de gasolina	2			23
10	Coloca escaner en posición inicial	2			25
11	Libera RGC	1			26
TOTAL		26	0	0	26

### IMPLEMENTACIÓN 3:

Para la implementación mostrada a continuación, se mostrará el proceso de dos modelos de motores diferentes. Dicho proceso es prácticamente igual para los dos modelos, sin embargo; se utilizan mangueras diferentes según el tipo de modelo: XN para modelo 1 y ZN para modelo 2. Cabe mencionar, ambas mangueras son bastante similares.

A continuación, podemos ver la tabla de combinación de trabajo estandarizado para las tres estaciones de trabajo involucradas en la presente implementación, las cuales son PP330/PP335, PP395, PP400/PP405 y forman parte de un mismo rebalanceo.

Para la situación inicial de las estaciones; ver figuras: 4.30, 4.31, 4.32.

Estado inicial:

En el estado inicial de la estación PP330/PP335, no se cumplía con la evaluación de los estándares físicos y operativos, esto debido a la similitud de las mangueras y la ausencia de poka-yoke. Ver figura 4.30.

**Figura 4.30** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP330/PP335 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: 34 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP330/PP335					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma banda de rack y colocala sobre RGC	2			2
2	Realiza ruteo 1 de arnés a manguera de motor (modelo 1 y 2)	2			4
3	Retira tapón de entrada de transmisión y desechalo (modelo 1 y 2)	1			5
4	Realiza conexión de arnés 1 a entrada de transmisión activando candado (modelo 1 y 2)	2			7
5	Realiza conexión 2 y 3 de arnés a bracket de transmisión (modelo 1 y 2)	4			11
6	Realiza conexión 4 y 5 de arnés a bracket de transmisión (modelo 1 y 2)	4			15
7	Realiza ruteo 2 y 3 de arnés a ducto de motor (modelo 1 y 2)	4			19
8	Toma manguera XN o ZN según tipo de modelo y aplica merphol	3			22
9	Realiza inserción de manguera seleccionada a motor (modelo 1 y 2)	2			24
10	Toma botador y libera clamp (modelo 1 y 2)	2			26
11	Toma plumón y realiza marcas de compra correspondientes (modelo 1 y 2)	7			33
12	Libera RGC	1			34
TOTAL		34	0	0	34

En la estación PP395, de igual manera no se cumplía con la evaluación, debido a que no se terminaba el ensamble de manguera LK mostrada en figura 4.31.

**Figura 4.31** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP395 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: 20 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP395					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma manguera LK de rack y aplica merphol (modelo 1 y 2)	5			5
2	Realiza inserción de manguera LK en motor (modelo 1 y 2)	3			8
3	Realiza enclipado de manguera LK a motor (modelo 1 y 2)	1			9
4	Realiza inserción de manguera LK en bomba de agua (modelo 1 y 2)	3			12
5	Toma botador y libera clamp de manguera LK de motor solamente (modelo 1 y 2)	3			15
6	Toma plumón y realiza marcas de compra correspondientes (modelo 1 y 2)	4			19
7	Libera RGC	1			20
TOTAL		20	0	0	20

En la estación la cual existía riesgo de olvido de completar instalación de manguera LK es la presente; estación PP400/PP405, por lo cual se violaban estándares



operativos relacionados al terminar la instalación de la parte antes de instalar la otra. Ver figura 4.32.

**Figura 4.32** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP400/PP405 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: 15 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP400/PP405					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma manguera RT de rack y aplica merphol (modelo 1 y 2)	3			3
2	Realiza enclapado de manguera RT en motor (modelo 1 y 2)	1			4
3	Realiza inserción de manguera RT en bomba de agua (modelo 1 y 2)	2			6
4	Toma botador y libera clamp de manguera RT (modelo 1 y 2)	2			8
5	Libera clamp de manguera LK (modelo 1 y 2)	2			10
6	Toma plumón y realiza marcas de compra correspondientes (modelo 1 y 2)	4			14
7	Libera RGC	1			15
<b>TOTAL</b>		15	0	0	15

Estado futuro:

Los cambios que se llevaron a cabo para poder cumplir con la evaluación y lograr reducir la probabilidad de error humano de la estación PP330/PP335 (figura 4.33), fueron los siguientes:

1. Mover de la estación de trabajo manguera ZN.
2. Agregar escaneo de material (error proofing) para elementos aislados y opcionales.
3. Compra sucesiva.

**Figura 4.33** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP330/PP335 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Futura		Tiempo de ciclo: 37 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP330/PP335					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma banda de rack y colocala sobre RGC	2			2
2	Realiza ruteo 1 y 2 de amés a ducto de motor (modelo 1 y 2)	4			6
3	Realiza ruteo 3 de amés a manguera de motor (modelo 1 y 2)	2			8
4	Retira tapón de entrada de transmisión y desechalo (modelo 1 y 2)	1			9
5	Realiza conexión de amés 1 a entrada de transmisión activando candado (modelo 1 y 2)	2			11
6	Realiza conexión 2 y 3 de amés a bracket de transmisión (modelo 1 y 2)	4			15
7	Realiza conexión 4 y 5 de amés a bracket de transmisión (modelo 1 y 2)	4			19
8	Toma manguera XN y aplica merphol (modelo 1)	3			22
9	Realiza inserción de manguera XN a motor (modelo 1)	2			24
10	Toma botador y libera clamp (modelo 1)	2			26
11	Toma escaner y realiza escaneo de material (modelo 1 y 2)	2			28
12	Coloca escaner en posición inicial (modelo 1 y 2)	1			29
13	Toma plumón y realiza marcas de compra correspondientes (modelo 1 y 2)	7			36
14	Libera RGC	1			37
<b>TOTAL</b>		37	0	0	37

Por otra parte, los cambios que se llevaron a cabo para el cumplimiento de objetivos de la estación PP395 (ver figura 4.34) son los siguientes:

1. Agregar a la estación de trabajo el ensamble completo de manguera LK.
2. Compra sucesiva
3. Cambio de secuencia.
4. Estandarizar operación.

**Figura 4.34** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP395 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Futura		Tiempo de ciclo: 22 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP395					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma manguera LK de rack y aplica merphol (modelo 1 y 2)	5			5
2	Realiza inserción de manguera LK en motor (modelo 1 y 2)	3			8
3	Realiza enclapado de manguera LK a motor (modelo 1 y 2)	1			9
4	Realiza inserción de manguera LK en bomba de agua (modelo 1 y 2)	3			12
5	Toma botador y libera clamp de manguera LK de bomba de agua (modelo 1 y 2)	3			15
6	Libera clamp de manguera LK de motor (modelo 1 y 2)	2			17
7	Toma plumón y realiza marcas de compra correspondientes (modelo 1 y 2)	4			21
8	Libera RGC	1			22
<b>TOTAL</b>		22	0	0	22

Por último, a la estación PP400/PP405 (figura 4.35) se agregó el ensamble de manguera ZN modelo 2, la cual era instalada anteriormente en la estación PP330/PP335. Reduciendo así la probabilidad de error humano. Además, se presentan los siguientes cambios:

1. Mover de la estación de trabajo ensamble restante de manguera LK
2. Reducir probabilidad de olvido de ensamble de manguera LK.
3. Agregar a la estación de trabajo ensamble de manguera ZN del modelo 2
4. Agregar escaneo de material (error proofing).

**Figura 4.35** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP400/PP405 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Futura		Tiempo de ciclo: 23 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP400/PP405					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma manguera RT de rack y aplica merphol (modelo 1 y 2)	3			3
2	Realiza enclapado de manguera RT en motor (modelo 1 y 2)	1			4
3	Realiza inserción de manguera RT en bomba de agua (modelo 1 y 2)	2			6
4	Toma botador y libera clamp de manguera RT (modelo 1 y 2)	2			8
5	Toma manguera ZN y aplica merphol (modelo 2)	3			11
6	Realiza inserción de manguera ZN a motor (modelo 2)	2			13
7	Toma botador y libera clamp de manguera ZN (modelo 2)	2			15
8	Toma escaner y realiza escaneo de material (modelo 1 y 2)	2			17
9	Coloca escaner en posición inicial (modelo 1 y 2)	1			18
10	Toma plumón y realiza marcas de compra correspondientes (modelo 1 y 2)	4			22
11	Libera RGC	1			23
<b>TOTAL</b>		23	0	0	23

## IMPLEMENTACIÓN 5

### CASO 1

Para la implementación número cinco, nos enfocaremos en las estaciones PP050/PP055 & PP140/PP145, en las cuales se mostrará la tabla de combinación de trabajo estandarizado individualmente, viendo el estado inicial y futuro. Dichas estaciones, forman parte de un mismo rebalanceo.

#### Estado inicial:

Para la estación PP050/PP055 (figura 4.36), se muestra el tiempo de ciclo de la estación de trabajo el cual suma 19 segundos. De igual manera, podemos observar las actividades que se realizan.

**Figura 4.36** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP050/PP055 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Estado: Inicial		Tiempo de ciclo: 19 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP050/PP055					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma tubería de rack	2			2
2	Ensambla tubería en motor	3			5
3	Dirigete a rack		1		6
4	Toma escaner y realiza escaneo de material, coloca escaner en posición inicial	4			10
5	Toma tierra y tuerca	3			13
6	Posiciona tierra en perno de transmisión	2			15
7	Realiza punteo de tuerca	3			18
8	Libera carro RGC			1	19
<b>TOTAL</b>		17	1	1	19

Para la estación PP140/PP145 (figura 4.37), el tiempo de ciclo suma 47 segundos el cual es sumamente elevado, y podemos observar que tenemos 7 segundos de caminado en total el cual no le agrega valor a la operación.

**Figura 4.37** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP140/PP145 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Estado: Inicial		Tiempo de ciclo: 47 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP140/PPP145					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Dirigete a rack		6		6
	Toma arnés CX de rack y desenredalo	5			11
2	Realiza 3 enclapados de arnés CX a transmisión	3			14
3	Desenreda arnés de motor P7	3			17
4	Realiza 2 enclapados de arnés P7 a transmisión	4			21
5	Realiza 1 enclapado de arnés CX a transmisión	3			24
6	Realiza 1 enclapado de arnés CX a arnés BB	1			25
7	Realiza 1 enclapado de arnés CX a bomba	1			26
8	Realiza 3 enclapados de arnés CX a motor	8			34
9	Realiza 1 enclapado de arnés CX bracket de compresor	3			37
10	Dirigete a rack		1		38
11	Toma escaner y realiza escaneo de arnés, coloca escaner en posición inicial	3			41
12	Toma plumón y realiza marcas de compra	6			47
TOTAL		40	7	0	47

### Estado futuro

En las estaciones PP050/PP055 y PP140/PP145, podemos observar que el cambio importante fue rebalancear "arnés CX", el cual se movió de una estación a otra como se muestra en las figuras 4.38 y 4.39 en el punto 1 y 2 de nuestras tablas.

Como podemos percatar, además de cumplir con nuestra metodología y mejorar el aspecto ergonómico en las estaciones; se mejoró el tiempo en una de las estaciones con tiempo de ciclo más elevado de la línea de motores.

**Figura 4.38** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP050/PP055 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Estado: Futuro		Tiempo de ciclo: 24 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP050/PP055					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma arnés CX y tubería de rack	5			5
2	Coloca arnés CX sobre carro RGC	2			7
3	Ensambla tubería en motor	3			10
4	Dirigete a rack		1		11
5	Toma escaner y realiza escaneo de material, coloca escaner en posición inicial	4			15
6	Toma tierra y tuerca	3			18
7	Posiciona tierra en perno de transmisión	2			20
8	Realiza punteo de tuerca	3			23
9	Libera carro RGC			1	24
TOTAL		22	1	1	24

**Figura 4.39** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP140/PP145 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Estado: Futuro		Tiempo de ciclo: 41 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP140/PPP145					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Toma arnés CX de RGC y desenredalo	5			5
2	Realiza 3 enclapados de arnés CX a transmisión	3			8
3	Desenreda arnés de motor P7	3			11
4	Realiza 2 enclapados de arnés P7 a transmisión	4			15
5	Realiza 1 enclapado de arnés CX a transmisión	3			18
6	Realiza 1 enclapado de arnés CX a arnés BB	1			19
7	Realiza 1 enclapado de arnés CX a bomba	1			20
8	Realiza 3 enclapados de arnés CX a motor	8			28
9	Realiza 1 enclapado de arnés CX bracket de compresor	3			31
10	Dirigete a rack		1		32
11	Toma escaner y realiza escaneo de arnés, coloca escaner en posición inicial	3			35
12	Toma plumón y realiza marcas de compra	6			41
<b>TOTAL</b>		<b>40</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>41</b>

## CASO 2

En el caso dos de nuestra última implementación, se conforma por las estaciones PP230/PP235 y PP250/PP255, en las cuales se muestra el estado inicial y estado futuro en las tablas de combinación. Dichas estaciones forman parte de un mismo rebalanceo.

### Estado inicial:

Como se muestra en la tabla de la estación PP230/PP235 se tenía en el estado inicial un gran desperdicio; caminados. Además, no se cumplía el estándar de instalar el elemento aislado primero.

El tiempo de ciclo de la estación daba un total de 39 segundos (figura 4.40), de los cuales 4 de ellos son por caminados.

**Figura 4.40** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP230/PP235 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: 30 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP230/PP235					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Retira tapón de transmisión y desechalo	2			2
2	Realiza conexión eléctrica 1 de arnés a transmisión activando candado	3			5
3	Realiza conexión eléctrica 2 de arnés a transmisión activando candado	3			8
4	Realiza enclipado de arnes a bracket de transmisión	2			10
5	Toma plumón y realiza marcas de compra	3			13
6	Dirigete al otro extremo de RGC		4		17
7	Realiza 1 enclipado de arnés a bracket de compresor	3			20
8	Realiza 1 enclipado de arnés a motor	2			22
9	Realiza 1 conexión eléctrica de arnés a bomba de agua	4			26
10	Toma plumón y realiza marcas de compra	3			29
11	Libera RGC	1			30
TOTAL		26	4	0	30

En el caso de la estación PP250/PP255 en específico no se vio afectada en la evaluación, ya que cumplía al 100% los estándares de esta (figura 4.41). Mas sin embargo, su tiempo de ciclo aumentó en el estado futuro; esto sin afectar el estándar.

**Figura 4.41** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP250/PP255 estado inicial.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Inicial		Tiempo de ciclo: 11 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP250/PP255					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Realiza 1 enclipado de arnés de tierra a bracket de arnes	2			2
2	Realiza 1 enclipado de arnés de tierra a transmisión	2			4
3	Realiza ruteo de arnés de tierra a arnés	3			7
4	Toma plumón y realiza marcas de compra	3			10
5	Libera RGC	1			11
TOTAL		11	0	0	11

### Estado futuro

En el estado futuro de la estación PP230/PP235 (figura 4.42), los cambios relevantes que se tuvieron fueron los siguientes:

1. Eliminar los tiempos relacionados con caminados.
2. Mover de la estación de trabajo conexión de arnés 1.
3. Mover de la estación de trabajo conexión de arnés 2.
4. Mover de la estación de trabajo enclipado de arnés.
5. Trabajar en un mismo lugar del producto.

**Figura 4.42** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP230/PP235 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Futura		Tiempo de ciclo: 13 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP230/PP235					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Realiza 1 enclipado de arnés a bracket de compresor	3			3
2	Realiza 1 enclipado de arnés a motor	2			5
3	Realiza 1 conexión eléctrica de arnés a bomba de agua	4			9
4	Toma plumón y realiza marcas de compra	3			12
5	Libera RGC	1			13
TOTAL		13	0	0	13

Por otro lado, para el estado futuro de la estación PP250/PP255 (figura 4.43), los cambios que se tuvieron en la estación fueron los siguientes:

1. Agregar a la estación de trabajo conexión de arnés 1.
2. Agregar a la estación de trabajo conexión de arnés 2.
3. Agregar a la estación de trabajo enclipado de arnés.
4. Trabajar en un mismo lugar del producto.
5. Mantener estándares de evaluación.

**Figura 4.43** Tabla de combinación de trabajo estandarizado estación PP250/PP255 estado futuro.

TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO					
Situación: Futura		Tiempo de ciclo: 24 seg			
Línea: Motores					
Estación: PP250/PP255					
No.	Operación	Trabajo	Caminado	Espera / máquina	Acumulado
1	Realiza 1 enclipado de arnés de tierra a bracket de arnes	2			2
2	Realiza 1 enclipado de arnés de tierra a transmisión	2			4
3	Realiza ruteo de arnés de tierra a arnés	3			7
4	Retira tapón de transmisión y deséchalo	2			9
5	Realiza conexión eléctrica 1 de arnés a transmisión activando candado	3			12
6	Realiza conexión eléctrica 2 de arnés a transmisión activando candado	3			15
7	Realiza enclipado de arnes a bracket de transmisión	2			17
8	Toma plumón y realiza marcas de compra	6			23
9	Libera RGC	1			24
TOTAL		24	0	0	24

#### **4.5 Llevar un seguimiento del proceso de transición desde el estado inicial hasta el futuro.**

En el presente y último punto de la implementación de la metodología 0-100, se llevó a cabo una capacitación y adiestramiento a cada técnico base (operador) cuyo proceso haya sido modificado para el cumplimiento de estándares. De igual manera, los líderes de grupo y supervisores formaron parte de dicho entrenamiento.

De igual manera, se desarrolló la siguiente auditoría (figura 4.44) para llevar un correcto seguimiento del proceso de transición desde el estado actual hasta el estado futuro, el cual consta de información general relacionado con la estación de trabajo y la manera en que el técnico base se ha adaptado.

Dicha auditoría se recomienda llevar a cabo de manera mensual a todas las estaciones de trabajo de la línea de motores, priorizando aquellas que han sido modificadas recientemente; esto con el objetivo de asegurar que se siga el proceso de manera adecuada. En caso de obtener una transición no favorable en la auditoría y detectar áreas de oportunidad en los resultados de la evaluación, se hace un 1 a 1 con el técnico base donde se le retroalimenta y se repite nuevamente la capacitación y adiestramiento.

Como se muestra a continuación, los criterios de evaluación provienen de la metodología implementada, pero ahora siguiendo una serie de preguntas con opciones de respuesta "SI" o "NO".



Figura 4.44 Auditoría de transición del estado inicial - futuro.

SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE TRANCISIÓN ESTADO ACTUAL - ESTADO FUTURO			Auditoría No.	001	
Línea:	Motores	Técnico base	Alejandro Navarro		
Estación:	PP100/PP105	Se cumplen los estándares:	SI	NO	
Fecha de auditoría:	01/01/2021	Se cumplen los factores:	SI	NO	
Auditor:	Jose Cortes	Transición favorable:	SI	NO	
Criterios de evaluación					
Estándares físicos y operativos			Factores culturales		
Elementos aislados cumplen con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al inicio, en kit	SI	NO	Consume únicamente alimentos en la mesa de descanso	SI	NO
Elementos opcionales sin EP deben cumplir con al menos 1 de las siguientes características: Instalar al inicio, tomar al iniciom secuenciado o en kit	SI	NO	Respeto los tiempos de la secuencia	SI	NO
Ensamble completo de las partes en la estación	SI	NO	Realiza operación de trabajo con ojos y mente en la tarea	SI	NO
Terminar de instalar las partes antes de iniciar la instalación de otra parte	SI	NO	Detecta y reporta anomalías de SQDCME al	SI	NO
Partes con 3 operaciones o más requieren EP, secuenciado o kit	SI	NO	Utiliza las botoneras para reportar anomalía	SI	NO
Una vez iniciada toda la operación puede ser terminada si se detiene la línea	SI	NO	Mantiene una buena relación con su grupo de trabajo	SI	NO
La carga máxima de la estación es superior al 85%	SI	NO	Mantiene limpia su área de trabajo	SI	NO
Máximo 1 caminado al rack por cada ciclo	SI	NO	Apoya y anticipa en las iniciativas de rebalances y contenciones	SI	NO
Herramientas en el punto de uso	SI	NO	Tiene apertura para recibir retroalimentación	SI	NO
Error proofing habilitado de acuerdo a la secuencia: No hay espera en medio del proceso	SI	NO	Muestra avances después de un proceso de estandarización	SI	NO
Trabajo solo en una ubicación del producto o en sentido inverso al flujo en cuadrantes continuos	SI	NO	Hace uso correcto del permiso para ir al baño	SI	NO
Material acomodado de acuerdo a la secuencia en el punto de uso o en kit	SI	NO	Hace uso correcto del permiso para ir al servicio médico	SI	NO

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

### 5.1 Conclusiones

A continuación, se describen de una manera globalizada las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros del trabajo desarrollado.

#### 5.1 Conclusiones

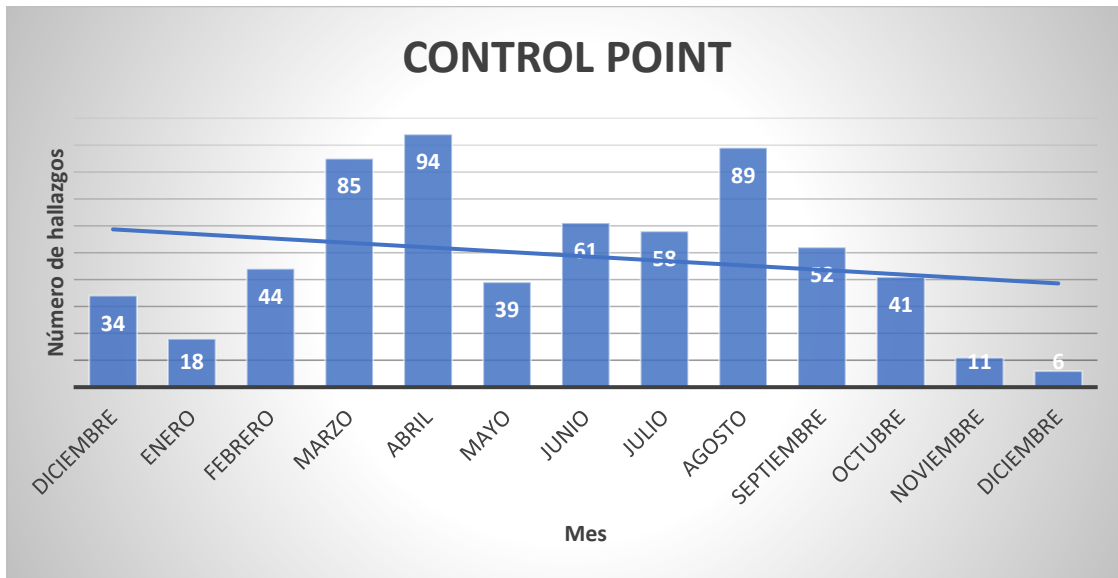
Tomando en cuenta los objetivos definidos inicialmente en el trabajo desarrollado, podemos concluir que los métodos empleados fueron los correctos para reducir el número de quejas del cliente, y a su vez poder mejorar la productividad. Además, la hipótesis planteada al inicio del documento coincide con los resultados obtenidos; La implementación de la metodología basada en herramientas de manufactura esbelta en la compañía, reducirán las unidades defectuosas producidas, y a su vez, se obtendrá una mejora en la productividad de esta.

A continuación, se muestra la relación de QR "quejas del cliente" recibidas, así como los hallazgos en control point de planta a través del año. Como podemos observar en ambos gráficos, se muestra una tendencia hacia la mejora. (gráfica 5.1 y 5.2).

**Gráfica 5.1** Quejas del cliente.



**Gráfica 5.2** Hallazgos de planta



Como podemos observar, en el mes de agosto hubo un repunte en las quejas del cliente recibidas, así como en hallazgos. La razón se debe a que, en dicho mes, se empezó la producción recurrente de un nuevo modelo el cual cuenta con 22 nuevas variantes, por lo cual desestabilizó de cierta manera a la producción; esto por nuevos números de parte, nuevos componentes y procesos.

Además, el número de unidades producidas por hora aumentó en 5 trabajos por hora (JPH); cuando anteriormente se obtenían 63 JPH, actualmente se elevó hasta 68 JPH. Para esto se necesitó nuevo personal, nueva maquinaria, nuevas estaciones de trabajo y la metodología implementada para seguir el cumplimiento de estándares.

## 5.2 Recomendaciones

Observando los resultados obtenidos, así como el cumplimiento de objetivos en el presente trabajo; la implementación llevada a cabo puede ser realizada en diferentes industrias manufactureras donde los volúmenes de producción son altos y el riesgo de error humano es elevado. La manufactura esbelta utiliza herramientas sumamente valiosas para la reducción de desperdicios y mejora de la eficiencia, por lo que se recomienda ampliamente su aplicación.

Un punto clave para la adecuada aplicación de la manufactura esbelta, es coordinar de manera correcta la metodología a implementar y las herramientas que dicho método sistemático (manufactura esbelta) nos proporciona, para que de esta manera las herramientas seleccionadas puedan ser de gran provecho y se pueda cumplir con los objetivos previstos.

Al ser el presente trabajo realizado en una planta de ensamble donde el volumen de producción es elevado, así como sus variantes, se recomienda utilizar más de una herramienta en la resolución del problema, ya que con esto se obtendrán mayores y mejores resultados.

### **5.3 Trabajos futuros**

Para la implementación llevada a cabo en este trabajo, será necesario llevar una constante evaluación de cumplimiento de los estándares mencionados, esto debido a la constante rotación de personal existente y la constante ampliación de nuevos espacios productivos. Además, se tendrá que fomentar la aplicación de la mejora continua, para poder así detectar nuevas áreas de oportunidad y poder seguir mejorando.

## 6. REFERENCIAS

- Helmold, M. (2020). *Kaizen: Continuous Improvements in Small Steps*.
- Kister, T. C. (2006). *Maintenance planning and scheduling: streamline your organization for a lean environment*.
- Levitt, J. (2011). *Preventive and predictive maintenance* (Second).
- Pa, H., & Ižaríková, G. (2019). *Base Principles and Practices for Implementation of Total Productive Maintenance in Automotive Industry*.
- Šajdlerová, I., Schindlerová, V., & Kratochvíl, J. (2020). *Potential and Limits of OEE in the Total Productivity Management*.
- Tlapa-Mendoza, D., Limón-Romero, J., Báez-López, Y., & Salinas-Coronado, J. (2014). Process improvement: The six sigma approach. In *Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America*.
- Villanueva, E. D. (n.d.). *La productividad en el mantenimiento industrial*.
- Ait El Maalem, L., Ech-Chhibat, M. E. houssine, Zahiri, L., & Ouajji, H. (2021). *Total Productive Maintenance Implementation in Cables Manufacturing: A Case Study*.
- Allen, T. T. (2018). *Introduction to engineering Statistics and Lean Six Sigma: Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems*.
- Baseer, K. K., Reddy, A. R. M., & Bindu, C. S. (2014). Quantitative Validation of Poka-Yoke Approach for HQLS Using Regression Coefficient and Analysis of Variance. *3rd International Conference on Eco-Friendly Computing and Communication Systems*,
- Béndek, P. (2016). *Beyond Lean A Revised Framework of Leadership and Continuous Improvement*.
- Bhasin, S. (2015). *Lean Management Beyond Manufacturing. A Holistic Approach*.

- Chiarini, A. (2012). From Total Quality Control to Lean Six Sigma: Evolution of the Most Important Management Systems for the Excellence. *International Journal of Public Sector Management*
- Cruelles Jose Agustin. (2010). *La Teoría de la Medición del Despilfarro*.
- Davim, J. P. (2018). *Progress in Lean Manufacturing*.
- de la Vega, M., Baez-Lopez, Y., Limon-Romero, J., Tlapa, D., Flores, D. L., Rodríguez Borbón, M. I., & Maldonado-Macías, A. A. (2020). *Lean manufacturing critical success factors for the transportation equipment manufacturing industry in Mexico*.
- Deshmukh, G., Patil, C. R., & Deshmukh, M. G. (2017). Manufacturing industry performance based on lean production principles. *International Conference on Nascent Technologies in Engineering*,
- Furterer, S. L. (2014). *Lean Six Sigma Case Studies in the Healthcare Enterprise*.
- García-alcaraz, J. L., & Editors, G. C. (2014). *Lean Manufacturing in the Developing World*.
- García-Alcaraz, J. L., & Maldonado-Macías, A. A. (2016). *Just-in-Time Elements and Benefits*.
- García-Alcaraz, J. L., Oropesa-Vento, M., & Maldonado-Macías, A. A. (2017). *Kaizen Planning, Implementing and Controlling (Management and Industrial Engineering)*.
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*.
- Helmold, M. (2020). Lean Management and Kaizen. Fundamentals from Cases and Examples in Operations and Supply Chain Management. *Management for Professionals*.
- Hernandez, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*.

- Hirano, H. (1991). *Poka - Yoke. Mejorando la Calidad del Producto Evitando los Defectos.*
- Józefowska, J. (2007). *Just-in-Time Scheduling. Models and Algorithms for Computer and Manufacturing Systems.*
- Levitt, J. (2011). *Preventive and Predictive Maintenance (Second).*
- Lunau, S., Staudter, C., Mollenhauer, J.-P., Renata, R., Roenpage, O., Von Hugo, C., & Hamalides, A. (2009). *Design for Six Sigma+Lean Toolset.*
- Madariaga, F. (2013). *Lean manufacturing.*
- Medinilla, Á. (2014). *Agile Kaizen: Managing Continuous Improvement Far Beyond Retrospectives.*
- Monden, Y. (1996). *El "Just in time" hoy en Toyota: Nuevo estudio de Yasuhiro Monden autor de "El sistema de producción Toyota".*
- Muralidharan, K. (2015). *Six Sigma for Organizational Excellence.*
- Pakdil, F. (2020). *Six Sigma For Students. A Problem-Solving Methodology.*
- Paraschivescu, A. O., & Cotirlet, P. C. (2015). *Quality continuous improvement strategies kaizen strategy -- comparative analysis.*
- Paul Swamidass. (2000). *Innovations in Competitive Manufacturing.*
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad.*
- Rifqi, H., Zamma, A., Souda, S. B., & Hansali, M. (2021). Lean manufacturing implementation through DMAIC approach: A case study in the automotive industry. *Quality Innovation Prosperity,*
- Singh, J., & Singh, H. (2019). *Strategic Implementation of Continuous Improvement Approach. Improving the Performance of Small and Medium-Sized Enterprises.*
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso.*

Wu, P., & Low, S. P. (2013). *Lean and Cleaner Production*.