

**Propuesta de Mejora bajo el concepto de Lean Manufacturing para la línea
De producción Soldadura de la empresa Pavco Wavin**



Cristian Duván Huérfano Moreno

Julio, 2023

Universidad Antonio Nariño

Bogotá D.C.

**Propuesta de Mejora bajo el concepto de Lean Manufacturing para la línea
De producción Soldadura de la empresa Pavco Wavin**

Cristian Duván Huérfano Moreno

Julio, 2023

Universidad Antonio Nariño

Bogotá D.C.

Ing. María Esperanza López Castaño

Asesora

Notas del autor

Cristian D. Huérfano M., Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio
Nariño, Bogotá proyecto de tesis de grado.

Nota de Aceptación

iii

Nombre y firma jurado 1

Nombre y firma jurado 2

Nombre y firma presidente

Nombre y firma secretario

Dedicatoria

Esta dedicado a Dios, a mi familia por ser un pilar fundamental tanto en mi carrera como en mi vida, por no dejarme vencer ante las adversidades mediante sus voces de aliento fe, y esperanza.

Agradecimientos

iv

Quiero expresar mi gratitud a Dios, a mi familia por su comprensión y aliento durante todo el proceso, agradezco de corazón a mi asesora de proyecto de grado Esperanza López, por su paciencia, orientación y apoyo a lo largo del trabajo, no puedo dejar de mencionar a la empresa y a la dirección administrativa de Pavco Wavin por concederme la oportunidad de realizar este proyecto en planta, también destacar el apoyo a todas las personas que cuyos nombres no aparecen, pero, contribuyeron de alguna manera a esta tesis y fueron parte importante en este camino.

Este proyecto consiste en realizar un estudio de la situación actual de la planta mediante un diagnóstico para posteriormente analizar, planificar e implantar una propuesta de mejora en herramientas Lean Manufacturing en una de las planta de la compañía dedicada a la fabricación de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) líquida que es una solución de resina de PVC o CPVC, especialmente formulada para realizar las uniones entre tuberías y accesorios de policloruro de vinilo, Se procederá a diagnosticar, evaluar y costear la propuesta basado en herramientas Lean Manufacturing, se hará especial énfasis en SMED, la mejora continua Kaizen, Poka-Yoke a prueba de errores, estandarización, TPM, 5S's con el objetivo de aumentar la productividad, mejorar la calidad y eliminar todo aquello que no aporta ningún valor al producto. Con esta metodología se introducirá una nueva cultura y esto se basa en un estudio económico de la viabilidad del proyecto y un cambio en la mentalidad y forma de trabajar de las personas de la planta, obteniendo como resultado la reducción de tiempos en cambios y, un aumento de la productividad.

Palabras Clave: Manufactura Esbelta, Mejora, SMED.

This project consists of carrying out a study of the current situation of the plant through a diagnosis to later analyze, plan and implement a proposal for improvement in Lean Manufacturing tools in a company plant dedicated to the manufacture of liquid welding that is a solution of PVC or CPVC resin, specially formulated to make the joints between pipes and polyvinyl chloride accessories. The proposal will be diagnosed, evaluated and coasted based on Lean Manufacturing tools, special emphasis will be placed on SMED, continuous improvement Kaizen, Poka-Yoke-proof yoke, standardization, TPM, 5S's with the aim of increasing productivity, improving quality and eliminating everything that does not add any value to the product. With this methodology, a new culture will be introduced, and this is based on an economic study of the feasibility of the project and a change in the mentality and way of working of the people in the plant, obtaining as a result the reduction of changeover times and, a productivity increase.

Keywords: Lean Manufacturing, Improvement, SMED.

Introducción	1
Planteamiento del Problema	3
Descripción del Problema	4
Formulación del Problema.....	8
Justificación	10
Objetivos.....	12
General.....	12
Específicos.....	12
Marco Referencial.....	13
Antecedentes	13
Marco Teórico.....	17
Lean Manufacturing:.....	17
Estudio económico.....	20
Herramientas estadísticas.....	20
Marco Conceptual.....	21
Metodología 5s.....	21
Balanceo.....	24
Flexibilidad	25
Mejora continua	25
Poka yoke: a prueba de errores	26

Pull System	27viii
SMED (Single-Minute Exchange of Dies)	27
STD Estandarización	28
TMP (Plan de Mantenimiento Total).....	28
Mudas O Desperdicios De Lean Manufacturing	29
Diseño Metodológico.....	32
Tipo y Enfoques de Investigación.....	32
Recolección y Análisis de Datos.....	33
Fases y Actividades Metodológicas.....	33
Entrega de resultados	35
Estado actual del proceso de fabricación soldadura (resina líquida de PVC o CPVC). (Objetivo específico uno)	36
Análisis de herramientas diagnosticadas.	37
Single Minute Exchange of Die (SMED).	38
Poka Yoke.....	39
Mejora Continua.	41
Mantenimiento Productivo Total (TPM).	42
Estandarización Del Trabajo.....	42
5´S Cinco eses.....	43
Identificación de las causas raíz requeridas para la mejora del proceso (Objetivo específico dos).....	44
Plan de trabajo (Objetivo específico tres).....	46
Estudio financiero (Objetivo específico cuatro)	48

Conclusiones	52ix
Recomendaciones	53
Bibliografía	55
ANEXOS	57

Lista de tablas

Tabla 1. Análisis de la productividad	8
Tabla 2. Tabla de frecuencias.	38
Tabla 3. Herramientas para estudio 5 por qué	45
Tabla 4. Costos de implementación de la propuesta de mejora	47
Tabla 5. Indicadores Tasa interna de retorno. Valor presente neto	50
Tabla 6. Relación beneficio-costo.....	50
Tabla 7. Tabla beneficios	51

Lista de Figuras

x

Figura 1. Cumplimiento de programa de producción.	6
Figura 2. Porcentaje de cumplimiento.	6
Figura 3. Beneficios de implementar lean Manufacturing.....	19
Figura 4. Estado de evaluación diagnóstico inicial.....	36
Figura 5. Diagrama de Pareto.	37
Figura 6. Estado de cumplimiento SMED.	39
Figura 7. Estado de cumplimiento Poka Yoke.....	40
Figura 8. Estado de cumplimiento mejora continua.	41
Figura 9. Estado de cumplimiento TPM.....	42
Figura 10. Estado de cumplimiento STD.....	43
Figura 11. Cinco eses 5´S	44

Lista de Anexos

Anexo 1. Listas de chequeo	57
Anexo 2. Técnica de los 5 Por qué	1
Anexo 3. Plan de trabajo	7
Anexo 4. Costos para la inversión	1
Anexo 5. Estudio financiero	4

Introducción

El presente proyecto nace a partir de la necesidad de plantear una propuesta de mejora para la planta de producción soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) de la compañía Pavco Wavin, la cual produce una solución de resina de PVC o CPVC, especialmente formulada para realizar las uniones entre tuberías y accesorios de policloruro de vinilo (Wavin, 2023), quien actualmente experimenta algunas dificultades referentes a pérdidas en diferentes etapas del proceso de fabricación y que afectan notablemente la eficiencia, eficacia y por ende la productividad, para ello, se acude a la metodología de Lean Manufacturing, la cual se ha destacado a nivel mundial por ser una herramienta de óptimos resultados en cuanto a mejora, en cuanto a una producción más ágil, mejor calidad, reduciendo costos y organización, entre muchos otros beneficios.

Se inició esta propuesta de mejora a través de un análisis del estado actual de la empresa Pavco Wavin, frente a las exigencias de nueve de las doce herramientas más usadas en Lean Manufacturing, con ello, se logró identificar las principales falencias en el proceso productivo de la planta como demoras en alistamiento, cambios de la herramental, movimientos innecesarios, completa disponibilidad de la maquinaria, entre otros detallados en los formatos (autoevaluación, modelo Lean Manufacturing) hallados una vez se aplicaron los cuestionarios en la planta soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) en la empresa Pavco Wavin, paso seguido, se reconocieron las causas raíz que llevan a la composición de la propuesta de mejora, permitiendo así identificar las herramientas de menor puntuación en cumplimiento, como tercer paso, se plantean y costean propuestas de mejora que permitan a la empresa mitigar las dificultades en cuanto a pérdida de tiempo,

calidad del producto, menor aprovechamiento de las máquinas y equipos entre otras fallas que generan desperdicios; ya para terminar, se aborda un estudio financiero que permita informar a la empresa sobre egresos y beneficios que demandan y generan la propuesta de mejora.

Esta propuesta busca mostrar las ventajas y desventajas de la identificación de aspectos a mejorar, se verá reflejado en beneficios de disponibilidad de maquinaria, reducción de tiempos, y optimización de operaciones estándar lo cual aumenta la confianza hacia la compañía.

Planteamiento del Problema

Actualmente la competitividad global está obligando a todas las empresas a ser mucho más eficientes, competitivas para poder mantenerse en el mercado es así como la reducción de costos y desperdicios se vuelve un elemento crítico para las organizaciones que buscan permanecer y seguir a la delantera, en el mundo de la ingeniería existen diversas metodologías, filosofías y herramientas que permiten la disminución de costos y eliminación de desperdicios, una de las más exitosas y que permite mejorar los resultados de los procesos es Lean Manufacturing o manufactura esbelta; una filosofía de mejoramiento de procesos, enfocada en la disminución de desperdicios, que utiliza enfoques de métodos y sistemas para generar una mejora en el ambiente de trabajo, los procesos y el desempeño de la compañía, es por eso, que se busca proponer un progreso en el proceso de producción para la línea de producción soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) de la empresa Pavco Wavin, usando como base la filosofía Lean Manufacturing. El modelo Lean, de origen japonés, se enfoca en la organización del trabajo que pone el eje en la mejora del sistema de producción el cual se basa en la eliminación de actividades que no aportan valor al proceso, también se enfoca en el ajuste de los procesos para entregar el máximo valor según los requerimientos del cliente.

Según (Juan Hernandez, 2013) en 1902, Sakichi Toyoda, el que más tarde fuera fundador con su hijo Kiichiro de la Corporación Toyota Motor Company, inventó un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía el hilo e indicaba con una señal visual al operador que la maquina necesitaba atención. Este sistema de “automatización con un toque humano” (Poka-Joke) permitió separar al hombre la máquina. Con esta simple y

efectiva medida un único operario podía controlar varias máquinas, lo que supuso una tremenda mejora de la productividad que dio paso a una preocupación permanente por mejorar los métodos de trabajo.

Taiicho Ohno, al que se le considera el padre del Lean Manufacturing estableció las bases del nuevo sistema de gestión JIT/Just in Time (Justo a tiempo), también conocido como TMS (Toyota Manufacturing System). El sistema formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”, Las aportaciones de Ohno se complementaron con los trabajos de Shigeo Shingo, también ingeniero industrial de Toyota y sus primeras aplicaciones se centraron en la reducción radical de los tiempos de cambio de herramientas, creando los fundamentos del sistema SMED. Al amparo de la filosofía JIT fueron desarrollándose diferentes técnicas como el sistema Kanban, Jidoka, Poka–Joke que fueron enriqueciendo el sistema Toyota (Juan Hernandez, 2013).

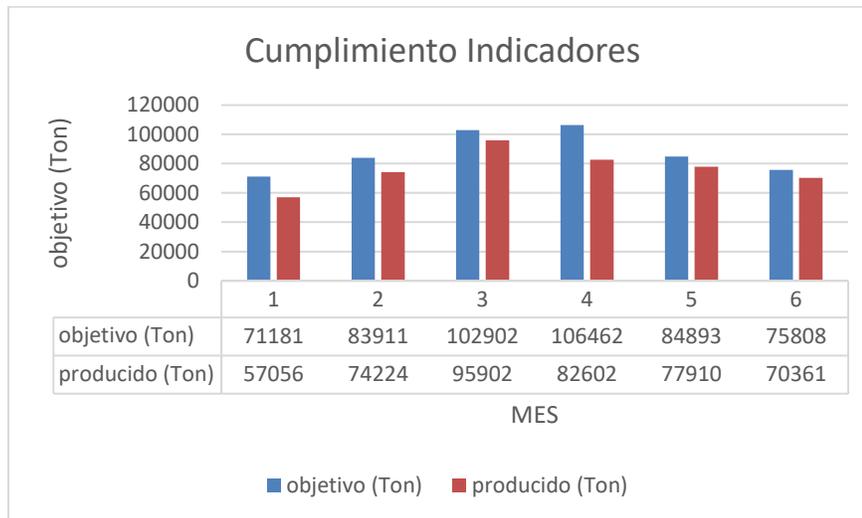
Descripción del Problema

Pavco Wavin es una compañía con más de 60 años de experiencia en soluciones para la conducción de agua potable, alcantarillado, manejo de aguas lluvias, tecnologías para rehabilitación de tuberías y proyectos de infraestructura sostenible con geo sintéticos empresa dedicada a la elaboración, manufactura y comercialización de toda clase de artículos, productos plásticos en todas sus formas, productos químicos en general, y textiles, empaques y tubería de cualquier tipo o clase, cuenta con más de dos mil empleados en la planta de producción Bogotá. Dentro de la línea de productos, cuenta con una planta

de fabricación de limpiador removedor y soldadura líquida denominada Soldamax Pavco Wavin para PVC que es una solución de resina de PVC o CPVC, especialmente formulada para realizar las uniones entre tuberías y accesorios de policloruro de vinilo (Wavin, 2023), planta con un total de 15 trabajadores asignados en donde se puede mencionar gracias a una entrevista con el encargado de la supervisión de producción de planta, que se tienen inconsistencias en cuanto al método de producción, recorridos innecesarios, derrames, tiempo extenso en el cambio de producto, demoras en carga de solventes, paradas de los operarios injustificadas, cambios ociosos, arranques de turnos, y cambios de lote a fabricar, pero, el problema más significativo en el proceso de producción de dicho producto es la productividad, ya que se ha evidenciado entregas de producto terminado las cuales no son las unidades esperadas (ver figura 1); para poder mejorar la productividad se debe intervenir en los procesos actuales de la empresa con el fin de eliminar las operaciones que no están agregando valor al proceso productivo y aumentar el valor de cada actividad reduciendo demoras y desperdicios por medio de la aplicación de diferentes herramientas de Lean Manufacturing al proceso de elaboración de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) para así obtener mejoras tangibles, medibles y significativas (Rincon, 2018).

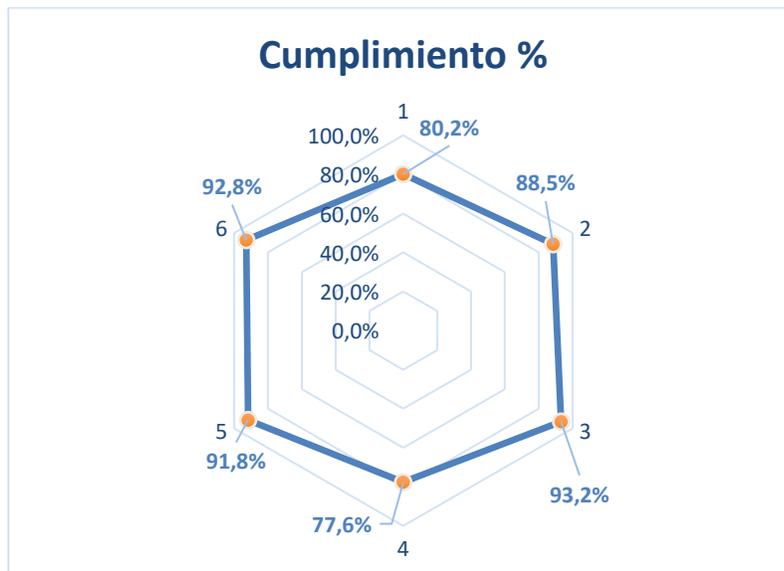
Así también se menciona la información más relevante de paradas de la línea donde se consideran en la fabricación de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) y limpiador el cumplimiento de los indicadores (ver figura 1) en periodo semestral y cumplimiento en porcentajes (ver figura 2):

Figura 1. Cumplimiento de programa de producción.



Nota: toneladas a empacar versus toneladas producidas. Fuente: Autor.

Figura 2. Porcentaje de cumplimiento.



Nota: porcentaje de cumplimiento de indicador en seis meses de análisis. Fuente: Autor.

Como se puede ver en la figura 1 y figura 2. no se cumple en ningún mes con el objetivo de empaque de producto terminado y no se cumple con la productividad ya que

en la planta se tiene como mínimo en un 98 % y en los meses de estudio en promedio se cumple en un 87,3%. Teniendo en cuenta la anterior información, se entra a analizar la producción en un turno de trabajo

1 turno = 8 horas

Tiempo Disponible: 8 Horas = 480 min

Tiempo de Descanso, recreación y alistamientos: 60min

Tiempo Productivo: 420min

Bajo la fórmula de la productividad y basado en la Eficacia y Eficiencia, se calcula la merma en la productividad que se muestran en la tabla 1.

$$eficiencia = \frac{tiempo\ real}{tiempo\ disponible}$$

$$eficacia = \frac{unidades\ producidas}{unidades\ esperadas}$$

$$productividad = Eficiencia * Eficacia$$

Tabla 1. Análisis de la productividad

ANÁLISIS EFICIENCIA * EFICACIA PARA UN TURNO DE TRABAJO												
EFICIENCIA					EFICACIA				DIFERENCIA			
Referencia Soldadura	Tiempo Estimado (min)	Unidades esperadas	min/un esperada	min/un real	Eficiencia	Tiempo perdido (min)	Unidades reales	Eficacia	Tiempo (min/un)	Unidades	Productividad real	
Soldadura 1/4	420	3672	0,11	0,14	82,4%	73,9	3000	81,7%	0,03	672	67,3%	
Soldadura 1/8	420	4500	0,09	0,10	96,1%	16,2	4320	96,0%	0,01	180	92,3%	
Soldadura 1/16	420	5040	0,08	0,09	91,8%	34,6	4608	91,4%	0,01	432	83,9%	
Soldadura 1/32	420	5000	0,08	0,09	90,5%	40,0	4500	90,0%	0,01	500	81,4%	
Sub total										1784	81,2%	

EFICIENCIA					EFICACIA				DIFERENCIA			
Referencia Limpiador	Tiempo Estimado (min)	Unidades esperadas	min/un esperada	min/un real	Eficiencia	Tiempo perdido (min)	Unidades reales	Eficacia	Tiempo (min/un)	Unidades	Productividad real	
Limpiador 1/4	420	3708	0,111	0,121	94,0%	25,3	3480	93,9%	0,010	228	88,2%	
Limpiador 12 O	420	4800	0,097	0,109	77,8%	93,1	3840	80,0%	0,012	960	62,3%	
Sub total										1188	75,2%	
TOTAL										2972	78,2%	

Nota: resultados de la eficacia y la eficiencia en la planta de producción de soldadura en la empresa Pavco Wavin

La tabla 1 evidencia un cumplimiento del 75% de la producción por turno de trabajo para la producción de limpiador removedor, de igual manera un 81,2% de cumplimiento en la producción de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC). Esto indica que en promedio hay un cumplimiento del de 78.2% por turno de trabajo. La merma en unidades por turno de producción es la siguiente: 1784 de soldadura líquida de CPV y 1188 de removedor, lo que suma un total de 2972 unidades por turno. Ver cantidad por referencia en tabla 1

Formulación del Problema

Pavco Wavin es una compañía con más de 60 años de experiencia en soluciones integrales, lo cual indica la mejora continua del proceso, en este caso la productividad de la planta de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) experimenta dificultades que

disminuyen la misma, sin dejar de mencionar los traumatismos y malas prácticas productivas que se viven al interior de la planta. No obstante, todas estas fallas mencionadas anteriormente van en contra de los intereses económicos de la empresa y por supuesto de rentabilidad esperada. Es entonces que nace la siguiente pregunta como interrogante de la presente investigación: **¿Qué requiere la empresa Pavco Wavin en la planta de producción de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) para mejorar la eficacia y eficiencia en el proceso productivo?**

Justificación

La competitividad en el sector industrial ha crecido exponencialmente y se hace necesario, que el sector productivo entienda que se debe ser más eficiente y eficaz, que el consumidor demanda de mayor compromiso con los estándares ofrecidos al mercado, de igual manera precios más accesibles y buena calidad de los productos, según el informe de perspectivas de la ANDI (ANDI, 2023) Colombia terminó el 2022 con un sólido crecimiento económico la industria manufacturera creció en un 12,6% (ver ilustración 1), Es allí donde este trabajo cobra valor e importancia, dado que al implementar la propuesta de trabajo derivada de la presente investigación la empresa Pavco Wavin, obtendrá en promedio, una mejora en la productividad de un aproximado del 22%, este reflexión se compagina con los valores presentados en la (ver tabla 1), y cuyo porcentaje de cumplimiento en promedio es del 78%, lo cual indica que si la empresa Pavco Wavia implementa la propuesta de mejora derivada del presente trabajo de investigación, logrará optimizar el desempeño de las operaciones en la planta de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC), de igual manera, obtendrá mayores dividendos para los accionistas, ambiente de trabajo más agradable para los funcionarios, mejores prácticas productivas, aumento en el compromiso del personal, espacios de trabajo más limpios y organizados, un mayor aprovechamiento en el tiempo disponible de las máquinas y equipos

El que la empresa Pavco Wavin implemente la propuesta de mejora que se presenta como resultado del desarrollo de este trabajo de grado, permitirá a la compañía obtener beneficio costos (RB/C) del 328,6% y una retribución por cada peso invertido de \$ 93,6

Desde el punto de vista profesional, el desarrollo del presentar el trabajo me permitió entender que, a partir de los diversos conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial, se puede aportar a pequeñas y grandes empresas en la optimización de las operaciones productivas, disminución de costos, mayor aprovechamiento de los recursos y mejora en el desempeño de los proyectos de inversión.

Ilustración 1. Crecimiento económico Colombia 2021-2022

COLOMBIA: CRECIMIENTO ECONÓMICO			
	2021		2022
	Ene-Sept	Año	Ene-Sept
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	3,2	3,1	-1,0
Explotación de minas y canteras	-2,1	0,2	1,3
Industrias manufactureras	18,3	16,4	12,6
Electricidad, gas, agua, saneamiento ambiental	5,0	5,1	4,9
Construcción	5,3	5,7	9,2
Edificaciones	10,7	11,6	13,9
Obras civiles	-4,6	-4,6	-0,2
Actividades especializadas construcción	6,4	6,6	9,5
Comercio, reparaciones, transporte, almacenamiento, alojamiento, servicios de comida	21,4	20,9	15,1
Información y comunicaciones	8,8	11,4	17,6
Actividades financieras y de seguros	3,4	3,4	5,8
Actividades inmobiliarias	2,5	2,5	2,0
Actividades prof., científicas y técnicas, servicios administrativos y de apoyo	9,3	9,8	10,0
Administración pública y defensa; seguridad social, educación, salud humana y de servicios sociales	7,8	7,6	6,1
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación, hogares	33,5	33,1	37,0
Valor agregado bruto	10,4	10,4	9,2
Impuestos menos subvenciones sobre los productos	13,4	13,6	11,9
Producto interno bruto	10,6	10,7	9,4

FUENTE: DANE, Cuentas Nacionales

Nota: Colombia: Crecimiento Económico (ANDI, 2023)

Objetivos

General

Realizar una propuesta de mejora para el sistema productivo en la planta de producción de soldadura (resina líquida en CPVC) en la empresa Pavco Wavin, mediante la aplicación de herramientas de lean Manufacturing, que permita mejorar el desempeño del proceso productivo particularmente en la planta ya mencionada.

Específicos.

- Evaluar el estado actual del proceso de fabricación soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) en la empresa Pavco Wavin bajo el modelo de las herramientas lean Manufacturing.
- Identificar las causas raíz que permitan estructurar de manera adecuada la mejora del proceso de fabricación de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) en la empresa Pavco Wavin.
- Diseñar un plan de trabajo tendiente a mejorar el desempeño productivo de la línea de producción soldadoras en la empresa Pavco Wavin.
- Evaluar económicamente el proyecto con el propósito de indagar sobre el beneficio costo (RB/C) para la empresa Pavco Wavin.

Marco Referencial

Es la compilación de las referencias que soportan la investigación, dentro de este se encuentran antecedentes de la investigación, marco teórico, marco geográfico, marco legal y conceptual.

Antecedentes

Los antecedentes de la investigación se refieren a la revisión de trabajos previos sobre el tema en estudio, realizados en instituciones de educación superior. Constituyen fuentes primarias, ya que aportan los datos del estudio, sean de naturaleza numérica o verbal: muestra, población, categorías emergentes, resultados y validaciones, entre otros. (Contreras, 2011)

A continuación, se relacionan los antecedentes investigativos, en donde se describe, las investigaciones relacionadas en torno al eje de investigación de este proyecto, de igual manera se realiza descripción de referentes teóricos de antecedentes de investigación, se relacionan los conceptos eje para el desarrollo del tema.

Angie Lucia Celis Rincón, Sandra Ximena Fernández Ortega. (2018)

“propuesta de mejoramiento de los procesos productivos de la empresa kepis de Colombia con herramientas de lean manufacturing”. **Objetivo:** Elaborar un plan de mejora del proceso de producción de Kepis de seguridad mediante la implementación de herramientas de Lean Manufacturing que permitan el manejo y control de los procesos involucrados para aumentar la productividad de la empresa. **Aspectos metodológicos:** uso de “Mapa de Cadena de valor (VSM por sus siglas en inglés)”, esta herramienta consiste

en la identificación de las acciones requeridas para diseñar y fabricar un determinado producto y permite diagramar de manera sencilla y clara el flujo de materiales e información dentro del proceso de producción, realización de una priorización con el fin de conocer cuáles de estos son los que mayor impacto tienen sobre el proceso. Con concepto del Gerente General y de los autores se evaluó cada área de oportunidad con un número de prioridad de riesgo (NPR) a través de los índices de severidad, ocurrencia y detección. **Resultados:** En el VSM del estado actual se identifican los desperdicios y áreas de oportunidad y se elabora un VSM nuevo que será llamado VSM oportunidades de mejora, el cual permite conocer las áreas que se encuentran presentando dificultades por motivo de demoras, inventario, sobre proceso y demás desperdicios. También se presentan las oportunidades de mejora que se encontraron, con el tipo de desperdicio y el área o actividad, así como la consecuencia directa de esta problemática. Se implementa las herramientas: Heijunka, 5'S, Layout, y Tableros de gestión visual, obtenidas por medio del VSM. Mejor planeación de la producción, Se obtiene una producción de 3,05 unidades por encima de las calculadas por el gerente general en el promedio de producción diaria ya que éste era de 112,4 unidades y el resultado de la simulación arrojó 115,45 unidades diarias en promedio. **Conclusiones:** Con la implementación de la herramienta Heijunka se lograron ofrecer 6 distintos escenarios con balanceo de línea que permiten mejorar el tiempo de ciclo de 4.68 a 1.75 minutos para el escenario 6. La realización de escenarios permite garantizar que los recursos están siendo utilizados de manera óptima y se encuentran en el lugar que presenta el mayor tiempo de producción, lo que garantiza que cada escenario incrementará la cantidad de unidades producidas, Se logra con las

herramientas propuestas realizar las simulaciones correspondientes a la validación y los 6 escenarios propuestos para conocer la cantidad de unidades reales que se logra con los cambios efectuados, logrando un total de 295,23 unidades por jornada de trabajo para el escenario 6 que significan una productividad de 96,85%, mejorando el estado actual de la empresa él tiene una productividad del 33,32% con 115,45 unidades producidas por turno.

Juan David Acevedo García (2020) *“propuesta de mejora en el proceso productivo de la empresa Acritel s.a.”* **Objetivo:** Elaborar una propuesta de mejora en el proceso productivo de la empresa ACRITEL S.A. que permita disminuir los desperdicios asociados a su proceso de producción. **Aspectos metodológicos:** es de tipo de estudio descriptivo. La principal técnica usada en la recolección de información fue la observación directa detallada a través de la identificación de conductas, actitudes y modalidades de trabajo dentro de la empresa, la propuesta se basa en marco mixto, puesto que las características de la información con la que se trabaja son cualitativa y cuantitativa. **Resultados:** la implementación de esta propuesta generaría un ahorro aproximado mensual de \$2'200.000 COP y la impresión de estos recursos tiene un valor aproximado de \$10.000 COP generaría un aumento de ganancias de alrededor de \$4'400.000 COP mensualmente, además, de lograr la estandarización de procesos, crea nuevas tareas como jornadas de aseo para la recolección de material particulado y nuevas especificaciones de buenas prácticas de manufactura. **Conclusiones:** El uso correcto de la metodología Kaizen permitiría una reducción de hasta el 80% de los desperdicios en la fase de producción, El 86% de los desperdicios totales se deben al mal manejo de la materia prima por parte del personal, al igual que el proceso inadecuado de almacenamiento, a aplicación de la metodología Kaizen

se ajusta a las necesidades de cambio de la empresa ACRITEL S.A., ya que permite una reducción considerable en el porcentaje de desperdicios generados.

Gabriel Alberto Medina Franco Heiner Arbey Rodríguez Castro (2021)

“Propuesta para la implementación de la filosofía Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la empresa Tejidos Lany sede Bogotá”. **Objetivo:** Desarrollar una propuesta de mejoramiento para el sistema de producción con base en herramientas Lean Manufacturing en la empresa Tejidos Lany sede Bogotá, con el fin de mejorar la productividad. **Aspectos metodológicos:** La realización de esta investigación será proyectiva, debido a sus características nos permite identificar los problemas, explicar su causa, y desarrollar una propuesta para darle solución, Para esta investigación se recolectaron los datos utilizando los siguientes instrumentos: Observación directa, Entrevista, Cuestionarios. **Resultados:** Con la implementación de las herramientas Lean Manufacturing propuestas, la empresa Tejidos Lany puede ponerse al nivel competitivo de empresas que cuentan con una mayor capacidad de producción, logrando de esta manera poder atender una mayor demanda y recibiendo más utilidad por su operación. Aumento de la cantidad de la producción un 22%, lo que genera mayores utilidades para la empresa, gracias a una mejora en la sincronía entre procesos y se daría cumplimiento a las demandas del cliente. Bajaron los inventarios de almacén un 40% y los costos de producción un 20%, ya que se comprará solo lo necesario para cumplir. **Conclusiones:** Se estableció un sistema de indicadores que les permiten controlar mes a mes las metas propuestas y potenciar el alcance de los objetivos de la organización, y si es el caso tomar acciones correctivas o preventivas, La herramienta de estandarización del trabajo deja estipulados algunos

formatos necesarios para crear una cultura de organización, diligenciándolos adecuadamente y cumpliendo con lo estipulado en las fichas técnicas y fichas de procedimiento propuestas para el buen desarrollo de los procesos de la empresa.

Marco Teórico

Lean Manufacturing:

Lean Manufacturing (en castellano “producción esbelta”) es un método que tiene como objetivo la eliminación del despilfarro o desperdicios entendiéndose estos como todas aquellas actividades que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5´S, SMED, Kanban, Kaizen, heijunka y jidoka.) que se desarrollaron principalmente en Japón para la producción de automóviles (Vargas-Hernández, 2016).

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos (Hernández & Vizán, 2013).

En el entorno Lean la eliminación sistemática del desperdicio se realiza a través de tres pasos que tienen como objetivo la eliminación sistemática del despilfarro y todo

aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido y que recibe el nombre de Hoshin (Brújula):

- Reconocer el desperdicio y el valor añadido dentro de nuestros procesos.
- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica Lean más adecuada.
- Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor añadido para, posteriormente, volver a iniciar el ciclo de mejora. (Hernández & Vizán, 2013)

La aplicación de Lean Manufacturing otorga la mejora continua de un sistema de producción, la importancia de utilizar este método, y los beneficios. Para que una organización logre una mejor rentabilidad de los ingresos, es indispensable la satisfacción del cliente, esto mediante la oferta de una mejor calidad del producto, reducción de precios y desperdicios, así como de tiempos. Dichas cuestiones se pueden resolver con la aplicación de la metodología conocida como Lean Manufacturing. (Vargas-Hernández, 2016)

A continuación, se van a citar los principales beneficios al implementarse Lean Manufacturing en las empresas.

Figura 3. Beneficios de implementar lean Manufacturing.



Nota: Cuatro beneficios de implementar lean Manufacturing en una empresa (Esan, 2015)

1. Contribuye a la mejora de la productividad:

Al desechar procesos improductivos, se consiguen grandes mejoras en el rendimiento de la empresa.

2. Mayor satisfacción para el cliente:

El Lean Manufacturing se enfoca en satisfacer las necesidades precisas del cliente, procurando que la entrega del producto se realice en el momento y lugar requerido por este.

3. Reducción de costos:

Al mismo tiempo que se optimizan los procesos de producción, se reducen costos innecesarios que antes solían estar destinados a actividades que no proveían beneficios a la empresa.

4. Reducción de inventarios:

Bajo este modelo de gestión se busca minimizar los 'despilfarros', reduciendo así, la sobreproducción y permitiendo ahorros en la administración de inventarios (Esan, 2015).

Estudio económico

El estudio económico contempla la viabilidad económica y el impacto que tendrá el proyecto en el ámbito financiero, tanto individual como empresarial. En este tipo de evaluación económica figura de manera sistemática y ordenada la información de carácter monetario, en resultado a la investigación y análisis efectuado de los factores que lo conforman. (euroinnova, 2023).

Herramientas estadísticas

Las herramientas estadísticas son de gran importancia en la solución de problemas o estudiar un fenómeno en particular que es posible mediante el uso de la recolección de datos, en este caso se hizo uso de las herramienta cinco porques con el fin de identificar el origen del problema, el análisis de las frecuencias acumuladas donde se detalló la ocurrencia de un evento común y el diagrama de Pareto para definir las prioridades y enfocarse en conocer las causas raíz para llegar a la solución del problema de forma efectiva, al usar esta herramienta se puede tomar decisiones objetivas las cuales le traen

beneficios a la compañía, esta herramienta también permite analizar pocos vitales importantes frente a muchos triviales.

Marco Conceptual

A continuación, se mencionan las definiciones de los términos técnicos o de las palabras claves que se abordan en la formulación de la propuesta de mejora bajo el concepto de Lean Manufacturing.

Metodología 5s

La metodología de las 5S se creó en Toyota, en los años 60, y agrupa una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Dichas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo. (Salazar, 2019)

Según (Salazar, 2019) se denomina de tal manera ya que la primera letra del nombre de cada una de sus etapas es la letra (s).

Principios de la metodología de las 5S

Esta metodología se compone según (Salazar, 2019) de cinco principios fundamentales:

1. Clasificación u Organización: Seiri

Identificar la naturaleza de cada elemento: Separe lo que realmente sirve de lo que no; identifique lo necesario de lo innecesario, sean herramientas, equipos, útiles o información (Juan Hernandez, 2013).

2. Orden: Seiton

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial. La actitud que más se opone a lo que representa seiton, es la de “ya lo ordenaré mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier sitio”. La implantación del seiton comporta:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado, evitando duplicidades; cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa.

Para su puesta en práctica hay que decidir dónde colocar las cosas y cómo ordenarlas teniendo en cuenta la frecuencia de uso y bajo criterios de seguridad, calidad y eficacia. Se trata de alcanzar el nivel de orden preciso para producir con calidad y eficiencia, dotando a los empleados de un ambiente laboral que favorezca la correcta ejecución del trabajo (Hernández & Vizán, 2013).

3. Limpieza: Seiso

Según Hernández, Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.

- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas, documentos, etc.), adecuarlos para su uso más eficiente (empalmes rápidos, reubicaciones, etc.), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes, utillajes, etc.) o que están reparados “provisionalmente”. Se trata de dejar las cosas como “el primer día” (Hernández & Vizán, 2013).

4. Estandarización: Seiketsu

Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo. El principal enemigo del seiketsu es una conducta errática, cuando se hace “hoy sí y mañana no”, lo más probable es que los días de incumplimiento se multipliquen. Su aplicación comporta las siguientes ventajas:

- Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares.
- Crear los hábitos de la organización, el orden y la limpieza.
- Evitar errores en la limpieza que a veces pueden provocar accidentes.

5. Disciplina: Shitsuke

Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligado al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S. Este objetivo la convierte en la fase más fácil y difícil a la vez. La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas. La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación (Hernández & Vizán, 2013).

Balanceo

Afirma (Salazar, 2019) que el balance o balanceo de línea es una de las herramientas más utilizadas para la gestión del flujo de un sistema de producción, dado que parte de la base teórica de la fabricación equilibrada; de la cual depende el mejoramiento de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como lo son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.

El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso. Establecer una línea de producción balanceada requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas.

Flexibilidad

Para conseguir flexibilidad afirma (Hernández & Vizán, 2013) que es preciso que el número de operarios se adapte a las necesidades reales de la demanda en cada momento. Desde el punto de vista del operario, esto significa que puede ver alterada su asignación de tareas incrementándose o disminuyéndose el número de actividades a realizar o, simplemente, modificándose el orden o el contenido de estas. En Japón se utiliza el término *shojinka* para referirse a la flexibilidad en el número de trabajadores en cada taller para adaptarse a los cambios de la demanda mediante la ampliación de la gama de tareas asignadas a los operarios.

Mejora continua

Para (Hernández & Vizán, 2013) La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo bajo lo que se ha venido en denominar espíritu *Kaizen*, verdadero impulsor del éxito del sistema *Lean* en Japón.

Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras *KAI*-cambio y *ZEN* bueno. *Kaizen* es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el

Sistema hasta llevarlo al éxito. Lógicamente este espíritu lleva aparejada una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se refiere la denominación de “mejora continua”. La mejora continua y el espíritu *Kaizen*, son conceptos maduros, aunque no tienen una

aplicación real extendida. Su significado puede parecer muy sencillo y, la mayoría de las veces, lógico y de sentido común, pero la realidad muestra que en el entorno empresarial su aplicación es complicada sino hay un cambio de pensamiento y organización radical que permanezca a lo largo del tiempo.

Poka yoke: a prueba de errores

Los Poka-yokes fueron creados según afirma (Salazar, 2019) por el ingeniero japonés Shigeo Shingo, como una herramienta del aseguramiento de la calidad. Para él, la principal fuente de defectos son los errores humanos, razón por la cual se precisa de un control en la operación de transformación de los productos, haciendo uso de elementos de detección (recursos de apoyo), como medida proactiva.

La eliminación de defectos mediante el uso de Poka-yokes es parte fundamental del Lean Manufacturing, ya que para esta filosofía es de vital importancia que ninguna operación envíe productos defectuosos a la operación siguiente, ya que se vería afectado el flujo continuo del proceso. Así entonces, los Poka-yokes mejoran la calidad, reduciendo la tasa de defectos y mejorando el OEE.

La principal referencia bibliográfica de la herramienta Poka-yoke es sin duda alguna Zero Quality Control de Shigeo Shingo; en ella se establecen tres principios básicos:

1. Los errores son inevitables, los defectos no lo son.
2. Hay que detectar el error antes de que se convierta en defecto.
3. La mejor herramienta para prevenir un defecto es aquella que logra aislar la fuente del problema.

Pull System

La estrategia logística del Pull System (Sistema Halar) consiste en optimizar los inventarios y el flujo constante del producto de acuerdo al comportamiento de la demanda donde en primera instancia el proceso logístico comienza con el pedido del cliente y aunque se considere un sistema ideal para reducir en lo posible los inventarios, la apuesta por conocer la demanda en tiempo real para satisfacer las necesidades del cliente es compleja, la gran mayoría de casos de éxito en las empresas productoras se deriva de implementar la estrategia del flujo Pull (Salazar, 2019).

Un sistema pull es una técnica Lean para reducir el desperdicio de cualquier proceso de producción. La aplicación de un sistema pull te permite comenzar un nuevo trabajo solo cuando hay una demanda de los clientes. Esto te brinda la oportunidad de reducir y optimizar los costos de almacenamiento (kanbanize, 2023).

SMED (Single-Minute Exchange of Dies)

Afirma (Hernández & Vizán, 2013) esta metodología persigue la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación/retirada/ajuste/centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales.

Precisamente, SMED hace uso de las técnicas de calidad para resolución de problemas como el análisis de Pareto, las seis preguntas clásicas ¿Qué? – ¿Cómo? – ¿Dónde? – ¿Quién? – ¿Cuándo? y los respectivos ¿Por qué? Todas estas técnicas se usan a los efectos de detectar posibilidades de cambio, simplificación o eliminación de tareas de preparación a partir de identificar la causa raíz que determinan tiempos elevados de preparación o cambio de técnicas.

STD Estandarización

Una descripción precisa de cada actividad de trabajo, incluyendo tiempo de ciclo y takt time, la secuencia de cada actividad y la cantidad mínima de inventario de piezas a la mano para realizar la operación. Es considerada una actividad fundamental para el desarrollo de la fabricación esbelta (Hernández & Vizán, 2013), también menciona que la implementación de técnicas Lean, pueden lograr acciones más específicas que están relacionadas al mejoramiento de los métodos de trabajo y cuyos objetivos del STD lo que se definen los autores de la siguiente manera.

- Optimizar los métodos de trabajo.
- Adaptar la mano de obra y capacidad de la demanda requerida.

TMP (Plan de Mantenimiento Total)

(Hernández & Vizán, 2013) Lo definen como el conjunto de técnicas orientadas a realizar un mantenimiento preventivo de los equipos, por parte de todos los empleados, para minimizar los tiempos de parada por avería.

Para ello, el TPM se propone cuatro objetivos:

1. Maximizar la eficacia del equipo.

2. Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo
3. Relacionar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
4. Implicar activamente a todos los empleados.

Mudas O Desperdicios De Lean Manufacturing

El concepto de “muda” va arraigado según afirma (Salazar, 2019) de todo elemento innecesario y que no agrega valor a lo que se produce, lo cual se conoce también como desperdicio al gasto excesivo y superficial de una fuente o material como manejo inadecuado de los recursos. La eliminación de los desperdicios es directamente proporcional a la reducción de costos que a su vez requieren esfuerzos que modifiquen las condiciones de los procesos y que tiene que ver con el ahorro del consumo de energía.

Existen dentro de la filosofía Lean Manufacturing también conocida como manufactura esbelta, los siete desperdicios que el ingeniero japonés Taichí Uno pudo definir dentro de la metodología de la producción que suelen suceder en las empresas manufactureras y que fueron pieza clave en la implementación del Sistema de Producción Toyota.

El mismo Onho los definió como los 7 desperdicios en Lean Manufacturing, los cuales son:

1. **Sobreproducción:** Se presenta cuando se produce más de lo que el cliente exige, esta muda tiene que ver con la producción a grandes lotes, donde el exceso de producción no se ajusta con las cantidades que se demandan. La sobreproducción se considera como la muda que genera a las demás, porque

esta conlleva al exceso de inventarios, lo cual amerita a que se tenga que gastar recursos como espacios para el almacenamiento y conservación, y que no trae beneficio para los consumidores.

2. **Espera:** Esta muda se presenta cuando en la empresa, los trabajadores se encuentran inactivos y las maquinas se encuentran apagadas, lo que ocasiona el retraso parcial y perdida de la secuencia de producción, estas esperas también pueden ser por causa de averías en las maquinas o clientes esperando por una respuesta.
3. **Transporte:** Los transportes innecesarios que ocurren en la empresa también se conoce como un desperdicio, y puede ocasionar el riesgo a que se presente daños en lo que ya está producido y a su vez retrasos, por lo que no aporta valor a lo que el cliente no está dispuesto a pagar.
4. **Desperdicios en las Operaciones:** Se conoce también como Sobre procesamiento, esta muda ocurre comúnmente cuando se realizan actividades innecesarias de las que se han asignado y/o también empleando el uso de la maquinaria, herramienta e insumos en mal estado.
5. **Inventario:** Tiene que ver bastante con aquellas unidades obsoletas como por ejemplo materiales, repuestos y productos ubicados en las bodegas principales, y que se van acumulando hasta el punto de tornarse como exceso de existencias, lo que estos bienes no están capacitados para que satisfaga una necesidad, por lo que está catalogado como un desperdicio de más.

6. **Movimientos Innecesarios:** Se considera cualquier movimiento que un operario realice y que no aporta valor en el bien, lo que incluye personas inclinándose para buscar al extraviado o subiendo y bajando las escaleras durante cualquier operación.
7. **Productos Defectuosos:** Se consideran productos defectuosos aquellos que por simple error de producción han sido rechazados, por lo que se tendría que hacer una reprogramación de la producción para averiguar cuál fue en realidad la falla presentada, por lo que conlleva a que se duplique el costo para ese solo producto imperfecto, por lo que no sería apropiado para el consumidor y será tomado como una pérdida.

Con el tiempo se ha pensado en un octavo desperdicio que consistente en la falta de creatividad e ingenio para solucionar los problemas y que sería un pilar clave evitar los siete desperdicios mencionados anteriormente (Salazar, 2019).

Diseño Metodológico

La realización de esta investigación es de campo, de marco mixto cualitativa y descriptiva debido a sus características nos permite identificar los problemas, explicar su causa, y desarrollar una propuesta para darle solución, Para dicho estudio se utilizarán fuentes primarias como: apuntes de investigación, diagramas y fuentes secundarias tales como: Bibliografías, se recolectarán los datos usando observación directa y Entrevistas.

Se empleo para el estudio una matriz de autoevaluación de herramientas lean Manufacturing la cual permitió identificar los problemas más relevantes y así seleccionar los de menor calificación para utilizar la herramienta de los cinco porques para diagnosticar las variables críticas y causas encontrando así el efecto y el principal inconveniente de cada una de las listas de chequeo del autodiagnóstico, luego se realiza la matriz de propuesta de mejora y se realiza su respectivo estudio económico.

Tipo y Enfoques de Investigación

Se trabajará con un tipo de investigación de carácter descriptiva, también se hace referencia a la investigación de campo, Investigación documental, ofreciendo razones para su utilización con un enfoque de investigación, Mixto ya que se va a tener en cuenta investigación Cuantitativa en la cual se analizarán valores como los tiempos de demora,

los costos, entre otros y Cualitativa ya que se refiere a toda aquella información referente a las actividades de observación.

Recolección y Análisis de Datos

Para la recolección y análisis de datos se emplean fuentes primarias como lo es un cuestionario autodiagnóstico, observación directa la planta la cual nos da los detalles actuales y nos da un eje para identificar las opciones de mejora, entrevista y fuentes secundarias como los son trabajos de investigación, tesis e indagación a través de internet para la identificación de información relevante a herramientas aplicables.

Fases y Actividades Metodológicas

Fase 1:

En el interés de hacer un estudio de herramientas y el cumplimiento de ellas, en esta primera fase se hace un reconocimiento de la organización Pavco Wavin en la planta de producción soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) y limpiador removedor en la cual se realiza una visita a las instalaciones y en reunión con supervisor, monitor y operarios líderes de turno los cuales tienen el conocimiento pertinente a la fabricación y en cuanto al proceso de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC), se definió en conjunto el alcance que tendría el trabajo de grado, se realiza la aplicación del autodiagnóstico que incluye las herramientas de 5S's, estandarización del trabajo, SMED, mejora continua, POKA_YOKE, TPM, pull system, flexibilidad y balanceado, cada una de ellas soportado en un cuestionario para determinar la situación real de la planta con respecto a una

calificación, con la colaboración y la participación de los mandos altos de la compañía, con el fin de determinar la identificación de los problemas más relevantes y así seleccionar los de menor calificación

Fase 2:

Una vez culminado el proceso de auto análisis, se acudirá a las herramientas para el control estadístico de identificar las herramientas lean con mayor incidencia de no cumplimiento (Pareto) y el análisis de la causa raíz a partir de la técnica de los (cinco por qué), de esta forma se llegará a la causa raíz de las diferentes falencias detectadas en cada uno de los cuestionarios, lo cual facilitará la propuesta de acciones de mejora.

Fase 3:

También se construirá una matriz que contenga la propuesta de mejora para las diferentes herramientas Lean definidas en el Pareto. Se identificarán las principales causas que tienen mayor repercusión en el incumplimiento, a partir de esta información se determinará la construcción de un plan de trabajo el cual incluye identificar el efecto, la causa raíz del problema, la acción de mejora, costo y posible fecha de implementación.

Fase 4:

Así mismo, se analiza cada ítem de los cuales se espera obtener beneficios de la propuesta de mejora donde se lleva a su totalidad y se proyecta en un numero de periodos los cuales representan la ejecución de dicha propuesta, para ello se realiza un formato en Excel donde se evidencia los cálculos teniendo en cuenta El Valor Presente

Neto, Valor Actual Neto, Tasa Interna De Retorno, periodos de recuperación de la inversión, y la relación del Costo – Beneficio.

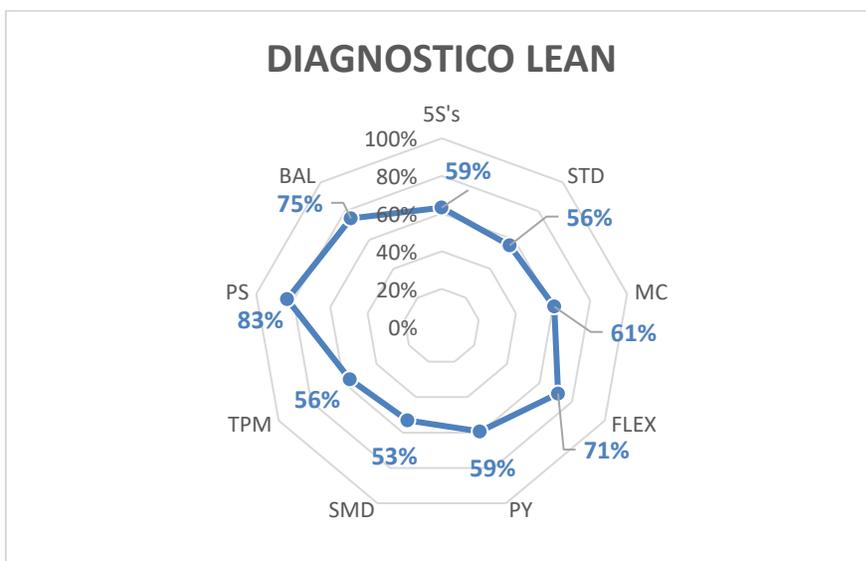
Entrega de resultados

Estado actual del proceso de fabricación soldadura (resina líquida de PVC o CPVC).

(Objetivo específico uno)

Para el desarrollo del primer objetivo, se realizó un diagnóstico inicial del estado de la empresa frente a los requisitos de nueve herramientas de las principales, que incluye la metodología Lean (autodiagnóstico), este diagnóstico inicial, consistió en aplicar una lista de chequeo (ver anexo1), por cada una de las herramientas Lean elegidas y acordes con la temática de trabajo y el enfoque productivo de la planta en la empresa Pavco Wavin, a partir de los resultados de la tabulación de la información consultada con administrativos y operativos de la planta de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC), se logró identificar el estado de cumplimiento de cada uno de estos requisitos Lean, tanto de forma cualitativa como cuantitativo (ver figura 4).

Figura 4. Estado de evaluación diagnóstico inicial



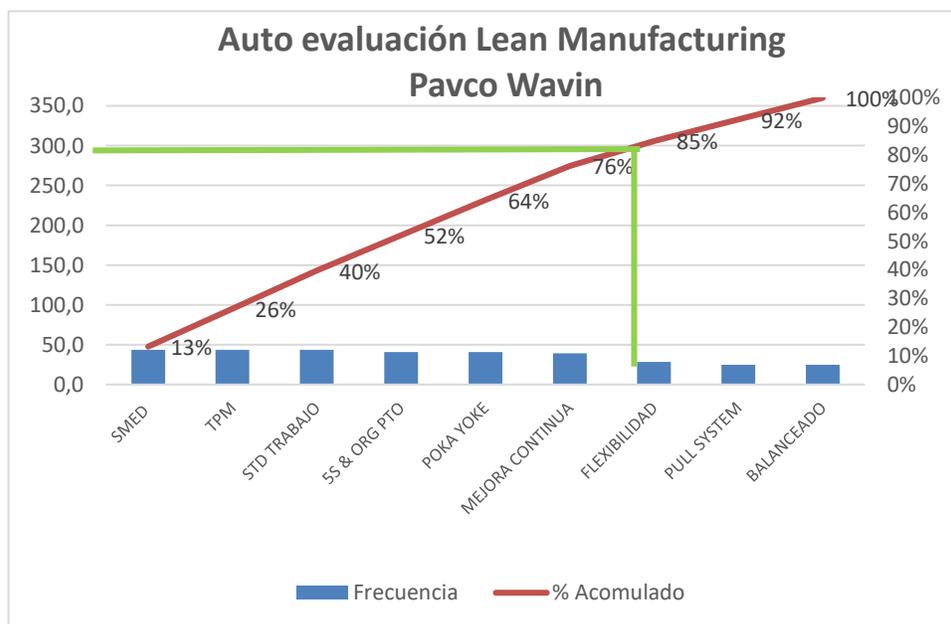
Nota: estado inicial autodiagnóstico. Fuente: autor

Análisis de herramientas diagnosticadas.

Una vez analizados los resultados globales del diagnóstico elaborado inicialmente, se puede inferir que las herramientas que más destacan incumplimiento frente al modelo Lean son: SMED (53%) ; POKA YOKE (59%) y TPM (56%), 5´S (59%), esto teniendo en cuenta que el porcentaje definido por cada una de las herramientas Lean es de 100%

Para definir qué herramientas deberían abordarse para plantear acciones de mejora, se utilizó la herramienta para el control estadístico Pareto, el cual permitió establecer el 80% vitales y el 20% triviales, donde las herramientas evaluadas en este ejercicio de diagnóstico inicial, según se puede observar en la figura 5, las calificaciones menores de 80% son las cuales se tendrá mayor relevancia al respectivo estudio.

Figura 5. Diagrama de Pareto.



Nota: diagrama de pocos vitales con respecto a muchos triviales. Fuente: Autor.

Tabla 2. Tabla de frecuencias.

Puntuaciones por Categoría	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	% Total	% Acomulado
SMED	43,8	43,8	13%	13%
TPM	43,8	87,5	13%	26%
STD TRABAJO	43,8	131,3	13%	40%
5S & ORG PTO	40,8	172,0	12%	52%
POKA YOKE	40,6	212,7	12%	64%
MEJORA CONTINUA	39,3	252,0	12%	76%
FLEXIBILIDAD	28,6	280,5	9%	85%
PULL SYSTEM	25,0	305,5	8%	92%
BALANCEADO	25,0	330,5	8%	100%

Nota: incidencia total de frecuencia y acumulada. Fuente: Autor.

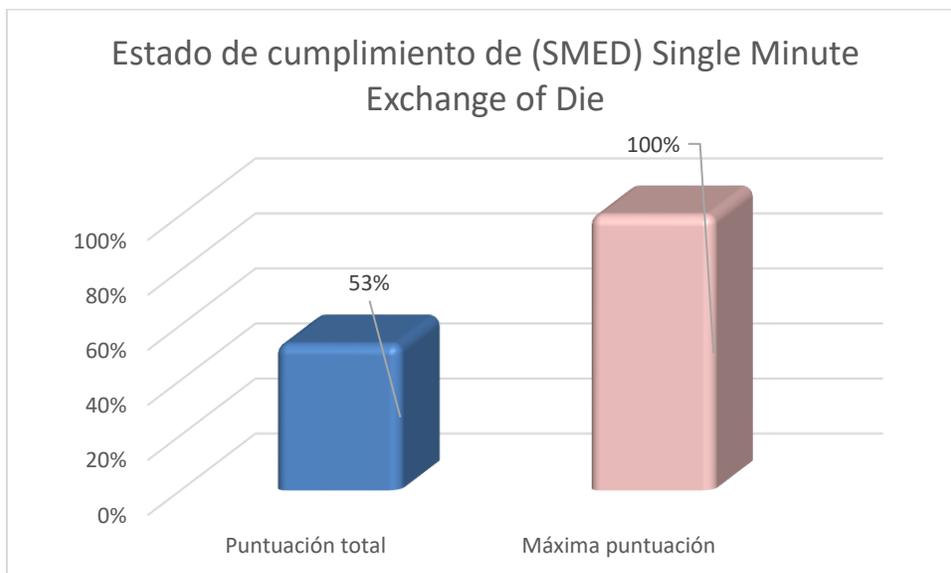
En adelante se detalla los hallazgos para cada una de las herramientas analizadas en el modelo de autoevaluación utilizado para el diagnóstico inicial.

Single Minute Exchange of Die (SMED).

Como se puede evidenciar en el gráfico de diagnóstico (figura 6) la herramienta con menos calificación esperada es SMED con un 53% de cumplimiento referente al diagnóstico establecido, por lo que es necesario para poder identificar los problemas que generan errores: entre los más notorios se tienen que los cambios en los herramientas son demorados debido a lo dispendioso que se hace el procedimiento (4 pasos para soltar y los mismos para ajustar el herramental para llenado), tarea que sería mucho más provechosa si se instalan unos acoples rápidos; otra de las dificultades que se tiene que ver con el herramental para el cambio se encuentran bastante alejados del lugar de usos, lo que demanda de un tiempo importante de recorrido para ir en busca de los mismos.

Es importante aclarar que, sumando los tiempos de desplazamiento y las demoras en el cambio del herramental, da como resultado un total de 30 min para el cambio más sencillo

Figura 6. Estado de cumplimiento SMED.

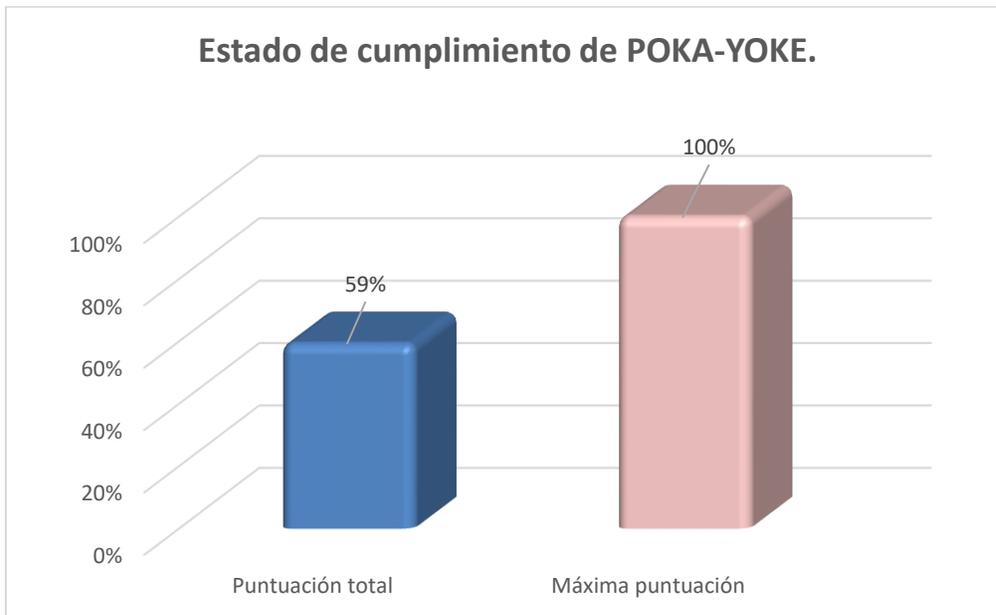


Nota: estado de cumplimiento autodiagnóstico en herramienta smed. Fuente: autor

Poka Yoke

Según lo visualizado en la figura 7, el Poka Yoke, alcanza un cumplimiento de tan sólo el 59% del total esperado (100%), se hace necesario hacer un estudio en el cual se permita identificar las causas que generan los errores repetitivos y de fácil prevención si se acudiera al concepto que maneja esta herramienta de lean Manufacturing “prueba de errores”

Figura 7. Estado de cumplimiento Poka Yoke.

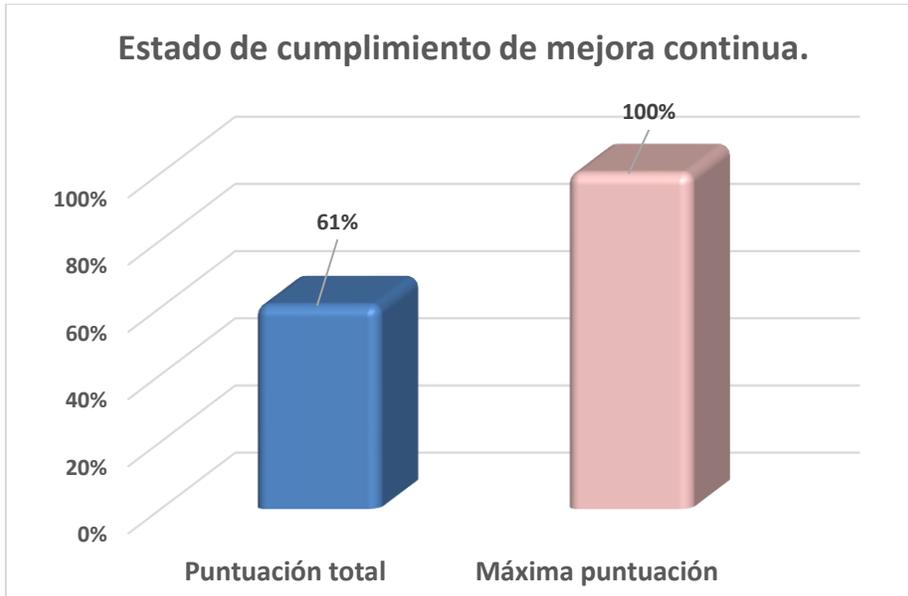


Nota: estado de cumplimiento autodiagnóstico en herramienta poka yoke a prueba de errores. Fuente: autor.

La (Figura 7) muestra cumplimiento del 59% , frente al 100% del valor esperado del resultado del análisis se debe a que el análisis del rendimiento de todos los componentes, subconjuntos y productos en vistas de identificar mejoras en su diseño para eliminar errores y mejorar su productividad está a prácticamente la mitad de lo que se espera, también se puede evidenciar en el diagnóstico los elementos de señal (ANDON) que atraen la atención de operarios y supervisores ante situaciones en las que se requiere ayuda o ante problemas de suministro, están ubicados en el 50% de la planta.

Mejora Continua.

Figura 8. Estado de cumplimiento mejora continua.

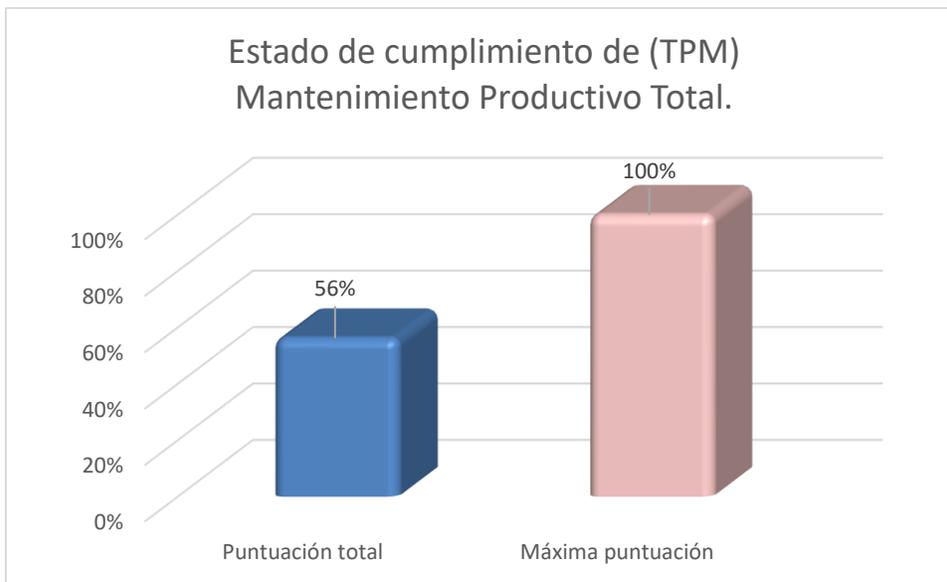


Nota: estado de cumplimiento autodiagnóstico en herramienta mejora continua. Fuente: autor.

A partir de la (figura 8), el 61% de la puntuación obtenida indica la ausencia de cultura en mejora en la planta de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC), lo que ha afectado negativamente los resultados. Según el diagnóstico, el conocimiento en el personal que interviene en la planta sobre las siete fuentes básicas de desperdicios es muy limitado. Es imperativo abordar estas deficiencias con mayor rigor para reducir los movimientos innecesarios, demoras, entre otros aspectos que impiden el cumplimiento al 100%.

Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Figura 9. Estado de cumplimiento TPM



Nota: estado de cumplimiento autodiagnóstico en herramienta mantenimiento productivo total. Fuente: autor.

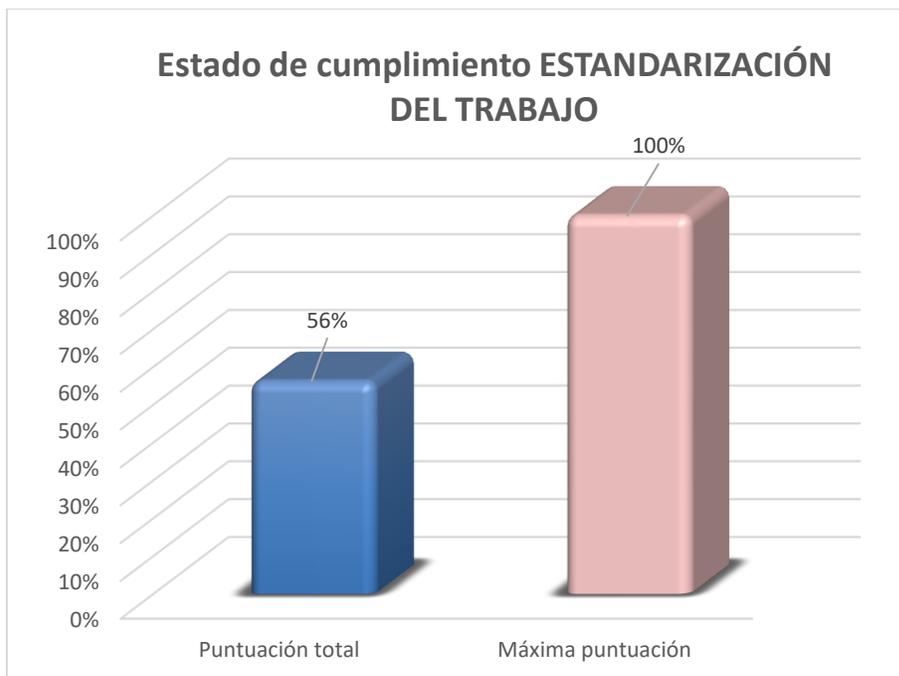
De acuerdo con la (figura 9), el cumplimiento de esta herramienta se encuentra en un 56% por lo que se puede decir que no se publica en la planta de soldadura los planes de intervención de mantenimiento (preventivo, predictivo) y no se rastrea y evalúa la duración de los diferentes ítems críticos en el correcto funcionamiento del equipo, entre otras.

Estandarización Del Trabajo

La (figura 10), muestra un cumplimiento del 56% , frente al 100% del valor esperado del resultado del análisis se debe a falta de cultura, ya que los métodos que proveen no permiten nivelar lo que se produce según las exigencias del departamento de

planeación de manera óptima, por lo que algunas veces se tuvo que disponer trabajo en días domingos y festivos para disminuir los incumplimientos de programa, dado a que los formatos de control no están actualizados, tampoco están al alcance del operador, no se investigan los errores por incumplimiento, originando así variación en los tiempos de producción.

Figura 10. Estado de cumplimiento STD



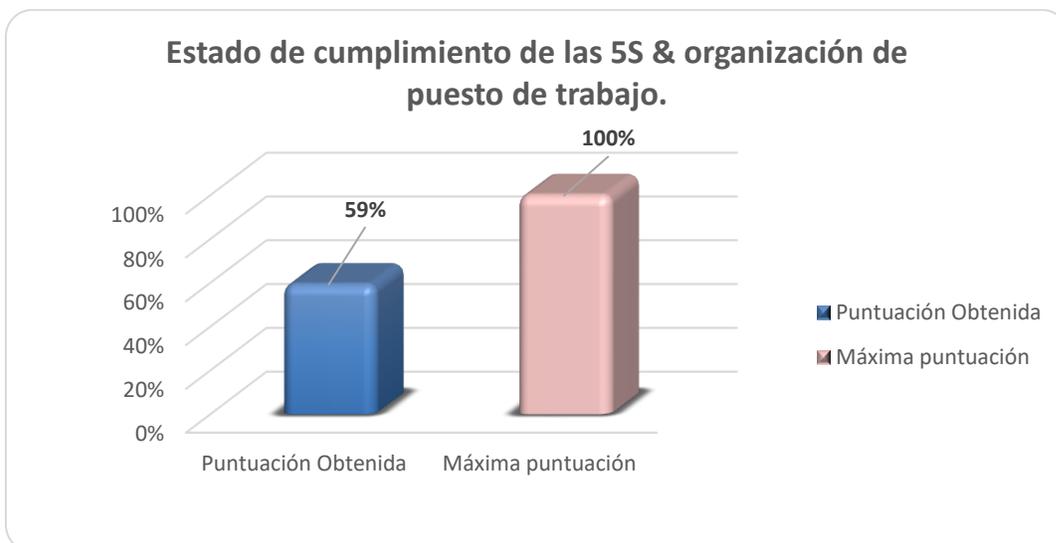
Nota: estado de cumplimiento autodiagnóstico en herramienta estandarización del trabajo. Fuente: autor.

5'S Cinco eses

Conforme a lo evidenciado en la figura 11, hay un porcentaje de acierto del 59% sobre el 100% que es la máxima calificación para cada una de las herramientas Lean. En lo que respecta a la herramienta 5'S, esta metodología busca que todo esté organizado, un lugar

para cada cosa y cada cosa en su lugar, apuesta por el orden y el aseo u una apariencia impecable, lo que se evidenció a través del análisis de resultados es que la planta de producción, presenta incumplimiento en cuanto a: no se evidencian paneles de información en la planta de soldadura, falta divulgación y capacitación sobre planes de control, se mantiene desorganizadas las herramientas y utillajes de la planta, no se controla el estado de la planta mediante controles visuales, entre algunos otros aspectos a mejorar.

Figura 11. Cinco eses 5'S



Nota: estado de cumplimiento autodiagnóstico en herramienta 5'S. Fuente: autor.

Identificación de las causas raíz requeridas para la mejora del proceso (Objetivo específico dos)

Al terminar el análisis cualitativo y cuantitativo de cada una de las herramientas aplicadas en el autodiagnóstico Lean e identificadas a través de Pareto, se procedió a desarrollar el segundo objetivo específico y para ello, se definió en conjunto con las

directivas de la planta de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC), aplicar el análisis de los 5 por qué y proceso de mejora para aquellas herramientas cuya calificación estuviera por debajo del 70% de cumplimiento, del valor esperado (100%). Ver tabla 2. El paso seguido a la identificación de estas herramientas fue el de identificar la causa raíz para cada uno de los incumplimientos establecidos en la rúbrica de calificación del modelo Lean, aplicado para el desarrollo del presente trabajo. El criterio de selección definido frente a los valores de la rúbrica (0 a 4 puntos), fue el de tomar aquellos efectos que calificaron con valores entre 0 y 2 puntos en el formulario de autoevaluación, de esta manera se trabajaría para encontrar la causa raíz de los no cumplimientos de mayor impacto.

La herramienta seleccionada para la identificación de la causa raíz fue la de los cinco por qué, de esta manera se detallaría de tal manera que se lograra saber con claridad la causa a la cual se debería enfocar todos los esfuerzos para el planteamiento de las acciones de mejora, ya que por lo general se aplican soluciones a causas que no han generado las fallas y es ahí donde todos los esfuerzos por mejorar se ven poco acertados.

Tabla 3. Herramientas para estudio 5 por qué

Puntuaciones por Categoría	Estado de cumplimiento
SMED	56,3
TPM	56,3
STD TRABAJO	56,3
5S & ORG PTO	59,2
POKA YOKE	59,4
MEJORA CONTINUA	60,7
FLEXIBILIDAD	71,4
PULL SYSTEM	75,0
BALANCEADO	75,0

Nota: Identificación de herramientas para análisis de causa raíz Fuente: autor.

En el [Anexo 2](#) se puede apreciar con mayor detalle la trazabilidad de las causas para cada uno de los efectos analizados, así como para cada herramienta Lean definida para la propuesta de mejora.

Plan de trabajo (Objetivo específico tres)

Analizando los resultados del cuestionario diagnóstico y gracias a la información que nos brinda el diagrama de Pareto, se definió las herramientas que requieren en primer lugar la intervención de la mejora del proceso, las cuales son: Smed, Poka Yoke,, Estandarización, TPM, mejora continua, y 5'S, gracias a la herramienta de análisis de problemas denominado cinco porqués, se identificaron las principales causas que tienen mayor repercusión en el incumplimiento, a partir de esta información se determinó la construcción de un plan de trabajo ([Ver anexo 3](#)) propuesta la cual incluye, efecto, causa principal, acciones de mejora, descripción de la acción responsable recursos, costos y fecha posible de la implementación.

Este plan muestra para cada una de las herramientas consideradas en el estudio, el subtotal de los de recursos tanto humanos, materiales y económicos necesarios para la implementación del plan de trabajo (ver tabla 4), está bastante detallado de tal manera que sea de fácil interpretación y puesta en marcha. Los costos unitarios propuestos para subsanar cada uno de los efectos planteados, están muy ajustados a la realidad, toda vez que lo que se buscó es entregar un plan de trabajo conciso y práctico para la toma de decisiones.

Tabla 4. Costos de implementación de la propuesta de mejora

Herramienta Lean	Maquinaria equipo	Materiales	Recurso Humano
	\$ 2.800.000,00	\$ 867.300,00	\$ 364.800,00
Smed	\$ 6.000.000,00	\$ 420.000,00	\$ 506.666,67
	\$ 230.000,00		\$ 557.333,33
subtotal	\$ 9.030.000,00	\$ 1.287.300,00	\$ 1.428.800,00
Poka Yoke	\$ 1.246.000,00		\$ 304.000,00
	\$ 1.792.000,00		\$ 316.666,67
Subtotal	\$ 3.038.000,00	\$ 0,00	\$ 620.666,67
	\$ 10.000.000,00		\$ 506.666,67
Mejora Continua	\$ 2.000.000,00		\$ 1.013.333,33
	\$ 1.300.000,00		\$ 76.000,00
			\$ 152.000,00
			\$ 475.000,00
Subtotal	\$ 13.300.000,00		\$ 2.223.000,00
			\$ 126.666,67
			\$ 190.000,00
TPM			\$ 63.333,33
			\$ 95.000,00
			\$ 38.000,00
Subtotal	\$ 0,00		\$ 513.000,00
			\$ 126.666,67
			\$ 126.666,67
Estandarización			\$ 63.333,33
			\$ 63.333,33
			\$ 126.666,67
Subtotal	\$ 0,00		\$ 506.666,67
		\$ 420.000,00	\$ 750.000,00
5s		\$ 800.000,00	\$ 1.026.000,00
		\$ 500.000,00	
Subtotal	\$ 0,00	\$ 1.720.000,00	\$ 1.776.000,00
Gran total	\$ 25.368.000,00	\$ 3.007.300,00	\$ 7.068.133,33

Nota: fuente Autor.

Se puede observar en la tabla 4 los costos estipulados por herramienta y por clase de recurso.

Estudio financiero (Objetivo específico cuatro)

Evaluación económica de la propuesta de mejora, evaluación económica.

Para lograr el cumplimiento del objetivo y mejorar el proceso productivo de la planta de producción soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) es necesario analizar los costos que se generan y el periodo de retorno de la inversión para ello es fundamental analizar cada ítem de los cuales se espera obtener beneficios de la propuesta de mejoramiento, cada valor se llevó a su totalidad y se proyectó en un número de periodos los cuales representan la ejecución de dicha propuesta, para ello se realizó una representación (ver anexo 11), en la que se evidencia los cálculos teniendo en cuenta El Valor Presente Neto, Valor Actual Neto, Tasa Interna De Retorno, periodos de recuperación de la inversión, y la relación del Costo – Beneficio. Donde:

El valor presente neto se calcula con la siguiente fórmula.

$$VPN = -I + \sum_{n=1}^n * \frac{Fn}{(1+r)^n}$$

Donde:

I= Representa el inventario Inicial

Fn= Periodos netos según su rendimiento

n= Periodos

r = Tasa de Oportunidad

la TIR tasa interna de retorno es indicador financiero para generar rendimientos futuros esperados y se calcula así:

$$TIR = \sum_{T=1}^n * \frac{Fn}{(1+r)^n} = 0$$

Con relación al costo beneficio es muy importante para invertir

$$Relación = \left(\frac{Beneficio}{Costo} \right) = \frac{VP Ingresos}{VP Egresos}$$

Donde:

Los criterios de decisión están dados de la siguiente manera:

Si $B/C > 1$, la inversión es atractiva

Si $B/C < 1$, la inversión es no atractiva

Si $B/C = 1$, la inversión es indiferente

Periodo de recuperacion de la inversión:

$$PR = n - 1 + \frac{(I - C)}{D}$$

Dónde:

($n-1$): Corresponde al año anterior en el que se recupera la inversión

I: Representa la inversión Inicial

C: Suma de los Flujos en efectivos del periodo anterior

D: FNE del año en que se satisface la inversión

Tabla 5. Indicadores Tasa interna de retorno. Valor presente neto

TIR	333,7%
VPN	\$3.132.007.761,86

Nota: Fuente: Autor.

Se puede apreciar en la (tabla 5), la tasa interna de retorno que es la rentabilidad de la propuesta de mejora en relación con el valor presente neto de \$3.132.007.761,86 que corresponde al valor de la relación entre los beneficio y costos podemos decir que la tasa interna de retorno es bastante favorable ya que nos va a hacer que el periodo de recuperación de la inversión sea en menos de 4 meses como se puede ver en (ver anexo 11).

Tabla 6. Relación beneficio-costos

VPN ING	\$3.110.724.061,74
VPN EGRESOS	\$40.930.781,11
Relación B/C	\$ 76,00

Nota: Fuente: Autor.

En la (tabla 6), se puede evidenciar que la relación del beneficio-costos es favorable ya que por cada peso invertido se da un benéfico de \$76, la propuesta es atractiva porque este beneficio es mayor a uno (Anexo 5).

La tabla 7 ilustra sobre el detalle de los beneficios que obtendrá Pavco al implementar esta propuesta de mejora para su planta de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC)

Tabla 7. Tabla beneficios

Beneficios	
	Se mejoran los tiempos(smed, poka-yoke) de operación de la planta en unidades representados en: Soldadura Envase de 1/4: 672un
Reducción de los tiempos muertos de producción	Presentación 1/8:180 un Presentación 1/16: 432un Presentación 1/32: 500un limpiador Presentación 1/4: 228un Presentación 12 oz: 960un
Mayor disponibilidad de la maquinaria	Mejoramiento de la disponibilidad por disminucion de fallas en las maquinas(TPM)Mes1: 14h mes2:10h,3:8h4 :4h mes 5: 2h mes 6:0h
Optimización de la estandarización de operaciones	Metodología 5S´s estandarizacion de trabajo y mejoramiento mejora continia representado en unidades mes1/4:29376 und 1/8: 8640und 1/16: 13824und 1/32: 12960 und y para limpiadores 1/4: 10944 und 12 oz: 13248 und

Para el análisis de los costos en cuanto a productividad, se tiene en cuenta la eficacia por la eficiencia donde se puede observar (ver anexo 6), el precio unitario de cada referencia, costos totales y los tiempos estimados de minuto/unidad, la diferencia entre lo que espera al aplicar la propuesta versus lo que se hace en la planta con los tempos reales donde la productividad en promedio mejora en un 20%.

Conclusiones

- Una vez terminado el diagnóstico inicial con las herramientas Lean, se concluye que, en promedio, Pavco Wavin cumple con un 64 % de los requisitos evaluados, estos resultados indican que la empresa se encuentra en un proceso de transición hacia la madurez en el proceso de mejora continua.
- Fue muy importante y de gran ayuda el seleccionar la metodología lean manufacturing para el desarrollo de la propuesta de mejora del proceso productivo, donde se evaluó el autodiagnóstico en el que se pudo analizar cada una de las herramientas y conceptos los cuales dieron para localizar las opciones de mejora más relevantes para cada

herramienta, dando así para plantear la propuesta encaminada a solucionar cada acción arrojada.

- Al terminar el análisis de causas, se concluye que en gran parte la pérdida de tiempo se atribuye a la falta de compromiso del personal que labora en la planta de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC) de Pavco Wavin.
- Si bien es cierto, la empresa Pavco Wavin debe invertir en algunos equipos, maquinaria y herramientas, para mejorar el proceso productivo, es relevante mejorar la cultura organizacional.
- Al estructurar el plan de trabajo para definir la propuesta de mejora, se visualiza que la inversión que requiere Pavco Wavin, para mejorar el proceso productivo, no supera el 0,01 % de total de los costos de producción de la planta de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC).
- En cuanto a la evaluación financiera de la propuesta de mejora, se puede concluir que la relación del beneficio-costos es favorable ya que por cada peso invertido se da un beneficio de \$76, lo que muestra que la propuesta es atractiva para la empresa Pavco Wavin.
-

Recomendaciones

- Se resalta la necesidad de enfatizar en las capacitaciones para la mejora continua en especial identificación de mudas a las otras plantas de la compañía, ya que, algunas de las que se implementaron en la planta no se conocen por el resto de los colaboradores involucrados en procesos diferentes a las que se plantearon en esta propuesta lo cual sugiere mejoramiento y bienestar de los procesos y personas.
- Trabajar por el acercamiento con las personas que están directamente en el proceso, ya que ellas pueden dar sugerencias, comentarios, ideas de mejoramiento del sistema productivo de modo que la compañía pueda facilitar la organización y comunicación para poder tener los procesos debidamente actualizados y mejorados.
- Aprovechar el modelo planteado en el presente trabajo para la búsqueda de la mejora continua en otras plantas productivas de la empresa Pavco Wavin

Bibliografía

- American Psychological Association. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association* (6 ed.). (M. G. Frías, Trad.) México, México: El Manual Moderno.
- ANDI. (2023). *INFORME PERSPECTIVAS ANDI 2023*. Obtenido de resumen ejecutivo: <https://www.andi.com.co/Uploads/INFORME%20PERSPECTIVAS%20ANDI%202023.pdf>
- Contreras, M. (04 de 2011). *antecedentes de investigacion*. Obtenido de <https://educapuntos.blogspot.com/2011/04/antecedentes-de-la-investigacion.html>
- Domingo, I. T. (06 de 2011). *mejoras de lean manufacturing sitema productivos*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87019757005.pdf>
- Esan, C. (3 de agosto de 2015). *Lean Manufacturing: cuatro beneficios para las empresas*. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/lean-manufacturing-cuatro-beneficios-empresas>
- euroinnova. (5 de 2023). *que es un estudio economico*. Obtenido de <https://www.euroinnova.edu.es/blog/que-es-un-estudio-economico#:~:text=%C3%A1rea%20de%20econom%C3%ADa,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20estudio%20econ%C3%B3mico%3F,financiero%2C%20tanto%20individual%20como%20empresarial>.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid: Fundación EOI.

- Juan Hernandez, A. V. (2013). *Lean Manufacturing conceptos y tecnicas*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/313931573_Lean_Manufacturing_Conceptos_tecnicas_e_implantacion
- kanbanize. (5 de 2023). *kanbanize que es un sistema pull*. Obtenido de <https://kanbanize.com/es/gestion-lean/sistemas-pull/que-es-un-sistema-pull>
- Rincon, A. L. (2018). *pdf tesis*. Obtenido de <file:///C:/Users/tanis/Downloads/documentos%20cristian/CelisRinconAngieLucia2018.pdf>
- Salazar, B. (10 de 2019). *INGENIERIA INDUSTRIAL*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-y-control-de-calidad/metodologia-de-las-5s/>
- Vargas-Hernández, J. M.-B.-C. (2016). Obtenido de Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias: Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias
- Wavin, P. (03 de 2023). *perfil de la organizacion*. Obtenido de <https://pavcowavin.com.co/nuestra-empresa>

ANEXOS

Anexo 1. Listas de chequeo

1. Listas de chequeo de autodiagnóstico Lean Manufacturing.

 <h1>AUTODIAGNÓSTICO LEAN</h1>
<p>Analice el grado de madurez de su organización con respecto a los parámetros generales del Lean Manufacturing</p>
<p>Dispone a continuación de una herramienta de autodiagnóstico, en la cual, cumplimentando unas sencillas y rápidas cuestiones en las hojas de este documento, podrá usted conocer cual es grado de madurez que actualmente tiene su empresa con arreglo a los requisitos actuales del Lean Manufacturing.</p>
<p>Cada hoja contiene unas preguntas sobre una categoría diferente, que deberá responder de 0 a 4 según el siguiente criterio de puntuación:</p>
<p>0- No es una práctica de la empresa</p>
<p>1- Es una práctica, únicamente, arraigada en algunas áreas + -25%</p>
<p>2- Es una práctica habitual en la mayoría de los casos + -50%</p>
<p>3- Es una práctica, casi generalizada + -75%</p>
<p>4- Es una práctica habitual, sin excepciones</p>
<p>En la última hoja, se van almacenando todos los datos para mostrarle su PUNTUACIÓN FINAL y, como resultado el GRADO DE MADUREZ LEAN de su empresa.</p>
<p>Si lo desea, enviándonos los resultados de este autodiagnóstico por e-mail (ode@ode.es) y sin ningún compromiso, se lo devolveremos con una comparativa de la situación de su empresa en relación al resultado global de todas las empresas participantes. Lo cual le permitirá conocer, no solo su situación actual, sino también respecto a la muestra de mercado que supone la amplia variedad de empresas que asisten a esta jornada.</p>

2. Lista de chequeo Sistemas visuales y 5S's



SISTEMAS VISUALES 5S's

ITEM	CRITERIO	PT	OBSERVACIONES
1	¿La planta está generalmente limpia de materiales innecesarios, componentes correctos y/o scrap. ¿Las naves están libres de obstrucciones?	3	Se mantiene el área con obstrucciones de Cartón y plástico en algunos pasillos teniendo en cuenta que la disposición de los residuos se clasifica al final del turno.
2	¿Existen líneas en el suelo para distinguir las diferentes áreas de trabajo, las áreas de paso y las de manipulación? ¿Existen señales para distinguir las áreas de fabricación, de inventario y de material sobrante?	3	Si, se denota el área delineada de la máquina y del producto sobrante, faltan algunas áreas por demarcar como, almacenamiento de estibas, localización de estibadores manuales, producto en proceso y sobrante.
3	¿Todos los empleados conocen y son sensibles con las buenas prácticas para el ahorro de costes? ¿Los operarios consideran la limpieza diaria como una parte de su trabajo?	4	Los operarios hacen el aseo al finalizar el turno y tratan de mantener en lo posible el aseo del área haciéndolo parte de su trabajo
4	¿Existe un lugar para cada cosa y una cosa para cada lugar? ¿Siempre que se necesita una herramienta, un utillaje, un contenedor de material, suministros de oficina, se encuentran fácilmente y están correctamente identificados? ¿Conocen los empleados como localizarlos?	3	Si, se mantiene en un área específica las herramientas, insumos, pero falta la adecuación, es decir, clasificación de herramientas y descripción del puesto asignado para cada una de ellas.
5	¿Los paneles de información en los puestos de trabajo, contienen las instrucciones de trabajo (de operación y de seguridad) y un histórico de problemas de calidad recientes y sus contramedidas? ¿Dichos paneles son actualizados regularmente?	1	No se evidencian dichos paneles en el área.
6	¿Los planes de control están accesibles, actualizados y visibles desde el puesto de trabajo y describen las comprobaciones y criterios de aceptación necesarios sobre las características del producto/proceso?	2	No se evidencian planes de control y si se tienen determinados, falta divulgación y capacitación para ponerlos en práctica.

7	¿La comunicación entre cambios de turno/operario se rige mediante un procedimiento o hábito riguroso y estable?	4	Si, cada cambio de turno se encarga de entregar el producto en proceso, las prioridades o las novedades en cuanto al funcionamiento de la máquina. La comunicación es estable entre los encargados del área.
8	¿Los criterios de clasificación de los materiales, herramientas, utillajes, contenedor de material, suministros de oficina... se realizan según su uso cotidiano, ocasional o rara vez?	2	La clasificación de las herramienta y utillajes se mantienen en un solo sitio.
9	¿El lugar donde se mantienen organizados los elementos es funcional, ordenado y seguro?	2	El lugar no es funcional debido a que es pequeño, y el material no es el adecuado porque se rompe fácil y se mantiene desorganizadas las herramientas y utillajes de la planta
10	¿Se controla el estado ideal de la planta mediante controles visuales como diagramas o fotografías y se identifica acciones urgentes de mejorar?	1	No se controla el estado ideal de la planta mediante controles visuales.
11	¿Se practican diariamente las normas de 5s definidas previamente de forma personal y grupal en aras de establecer cultura de cooperación y productividad?	3	La práctica de las normas de 5s es no es diaria, solo cuando se requiere mostrar la planta a personal externo.
12	¿Los espacios permiten realizar el trabajo de manera ergonómica?	3	El tablero de organización mantiene un espacio reducido y alto de ubicar los ítems para los cambios.
13	¿Permanece ordenado y aseado el puesto de trabajo?	2	Los operarios hacen el aseo al finalizar el turno y tratan de mantener en lo posible el aseo del área de cualquier impureza o residuo que pueda ocasionar incidentes.
14	¿En la medida de lo posible el operador del área mantiene el puesto de trabajo de manera impecable?	2	El trabajador mantiene el puesto organizado en lo posible mientras trabaja, pero no se mantiene impecable por el tiempo destinado a producir.
15	¿Permanece limpia la ropa de trabajo de los operarios?	3	Se mantiene limpio el trabajador debido a que se utiliza elemento de protección personal (peto) pero no se puede mantener la limpieza por el desarrollo de sus tareas.
16	¿Se identifican y eliminan fuentes de suciedad?	3	Se eliminan en lo posible cuando se evidencian y si el operador puede intervenir lo hace y si no, mantenimiento debe intervenir y arreglar.
17	¿Los equipos y herramientas son limpiados una vez se termina la jornada de trabajo?	4	Los equipos se deben entregar limpios, sin derrames de soldadura (resina líquida de PVC o CPVC)s, solventes, resina, o elementos sucios.

18	¿Se cuenta con programas o incentivos que permita motivar al operador a mantener el puesto de trabajo limpio y ordenado?	1	No se cuentan con programas que incentiven a mantener el puesto impecable, se realiza el aseo por norma establecida.
19	¿Los empleados cuentan con la capacidad autónoma de aplicar constantemente las técnicas de limpieza?	2	La práctica continua de clasificación organización limpieza y estandarización no es óptima ya que algunos empleados les falta cultura
Puntuación Obtenida		48	63%
Máxima puntuación		76	100%
Valoración del parámetro Lean		0,63	

2. Lista de chequeo Estandarización del trabajo

		ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO	
ITEM	CRITERIO	PT	OBSERVACIONES
1	¿Se han desarrollado e implementado estándares para la operación de cada proceso/célula y son utilizados para la formación en el puesto de trabajo?	2	Los estándares existentes no están documentados, solo el pst. (procedimiento seguro de trabajo)
2	¿Tiene cada proceso su hoja de operaciones estándar al alcance y a disposición del operador?	2	Cuenta con formatos de control de especificaciones del producto sin embargo, son formatos antiguos.
3	¿El Takt time de cada producto se ha utilizado como base de referencia para establecer el tiempo del proceso de cada operación y los requisitos de actuación para cada operario?	3	Los operarios realizan la producción de acuerdo al programa de producción en donde se especifica el tiempo necesario para cada referencia.
4	¿Intervienen los operarios del proceso y el personal de apoyo, en el diseño y estandarización del puesto de trabajo?	3	Si, los operarios intervienen con ideas las cuales se tienen en cuenta en cierta medida en la estandarización de puesto de trabajo.
5	¿Se estandariza y actualiza, frecuentemente, una visualización de las operaciones que no agregan valor (¿cambios, controles de calidad, mantenimientos preventivos, etc....?)	2	Ocasionalmente se actualizan las operaciones que no agregan valor
6	¿Se comprueban periódicamente, mediante auditorías u otras herramientas, las hojas de operación estándar, comprobando la conservación de las mejoras realizadas?	2	Habitualmente se hacen auditorias pero las mejoras no se hacen evidentes porque no hay las hojas de operación estándar en la planta.
7	¿Habitualmente los operarios cumplen con rigor las instrucciones reflejadas en las hojas de operación estándar?	2	Los operadores cumplen con lo que está estipulado en los formatos que existen actualmente, faltan las hojas de operación estándar.
8	¿Se registran, investigan y corrigen los errores e incumplimientos que se producen?	2	Se registran los errores e incumplimiento que se producen, pero no se investiga para mejorar el acontecimiento.
Puntuación total		18	56%
Máxima puntuación		32	100%
Valoración del parámetro Lean		0,56	

3. Lista de chequeo mejora continua.

		MEJORA CONTINUA	
ITEM	CRITERIO	PT	OBSERVACIONES
1	¿Existe una estrategia clara respecto a la Mejora Continua en la empresa (Champions.Team leaders, identificación-priorización de proyectos, infraestructura, recursos, etc...) capaz de obtener resultados de manera sostenible y continuada?	3	Si, existe un programa en la empresa de ideas innovadoras donde los colaboradores dan su mejora, pero, las propuestas no son desarrolladas del todo.
2	¿Existe un proceso formal para la captación de sugerencias y oportunidades de mejora en todos los niveles de la organización? ¿Existe un sistema normalizado de reconocimiento?	4	Si, el proceso es ideas innovadoras y se reconoce, no obstante, anualmente a las tres mejores ideas con un incentivo económico hay apoyo por parte de los mandos administrativos
3	¿Los empleados han sido formados en los métodos de trabajo necesarios para desarrollar la Mejora Continua y se les ha involucrado en su desarrollo e implementación?	2	No se imparten capacitaciones en cuanto a temas de mejora continua, pero, solo algunos trabajadores se acercan a desarrollar la mejora continua.
4	¿Conocen los empleados las siete fuentes de desperdicio básicos (inventarios; transportes de material; defectos; esperas; sobreproducción; movimientos innecesarios; métodos inadecuados)? ¿Se implican activamente en su identificación, dentro de sus áreas de trabajo, y están autorizados a trabajar para su eliminación y/o minimización?	2	Falta capacitación acerca de los siete desperdicios, las capacitaciones son más enfocadas a la seguridad.
5	¿La mejora continua y los eventos Gemba-Kaizen se estructuran, planifican y aplican dentro de las prácticas ordinarias de la empresa? ¿Se reconocen los éxitos y se expanden a través de procesos afines en la instalación?	2	En la empresa se estructuran los gemba-kaizen, pero en esta área como tal no se interviene por falta de cultura
6	¿Se puede considerar que la mayoría de las mejoras aplicadas no representan apenas inversión?	3	No, porque las mejora establecidas requieren inversión que se ve reflejada en la optimización del proceso o actividad donde se aplica.
7	¿Los análisis VSM se utilizan como base de referencia para comprobar y evaluar los progresos obtenidos?	1	El análisis VSM es una herramienta la cual se tiene poca información en el área operativa.
Puntuación total		17	61%
Máxima puntuación		28	100%
Valoración del parámetro Lean		0,61	

4. Lista de chequeo, POKA YOKE

		POKA YOKE	
ITEM	CRITERIO	PT	OBSERVACIONES
1	¿Los empleados han sido formados en los métodos anti-error y existe un equipo de análisis permanente de los defectos del proceso y de las oportunidades de eliminar errores?	2	Existe un equipo de detección de errores en el peso de caja producto terminado y se identifican también errores gracias a la experticia del operador.
2	¿Han sido desarrollados y aplicados los dispositivos y métodos anti - error para eliminar los defectos más críticos y recurrentes de cada área o puesto de trabajo?	2	En aproximadamente el 50 % de algunas áreas se ha intervenido con señales visuales.
3	¿Se han implementado los dispositivos y métodos anti - error en todo tipo de proceso (operaciones manuales; procesos automatizados e inclusive procesos administrativos)?	2	En algunas áreas tal como en el área de rotulación de los envases y mesa de empaque.
4	¿Se controla la eficacia y se garantiza el correcto funcionamiento de todos los dispositivos y métodos anti - error implementados?	3	Si, se mantiene en correcto funcionamiento los dispositivos.
5	¿Se realiza un análisis del rendimiento de todos los componentes, subconjuntos y productos en vistas de identificar mejoras en su diseño para eliminar errores y mejorar su productividad?	2	Si, se hace un análisis en el rendimiento en cada subconjunto en un 50%.
6	¿Están autorizados los operarios a detener la línea cuando encuentran una unidad defectuosa o no pueden completar el proceso en las condiciones definidas en la hoja de operación estándar?	3	Si, los operarios tienen el deber de detener el proceso si no se cumple con los mínimos establecidos.
7	¿En todos los casos que sean factible, los procesos manuales están reforzados con comprobaciones mecánicas para ayudar en la toma de decisiones y garantizar su efectividad?	3	Si, en casos como en la toma del torque del tapado de los envases y el pesaje del producto terminado.
8	¿Los equipos y procesos están equipados con elementos de señal (ANDON) que atraen la atención de operarios y supervisores ante situaciones en las que se requiere ayuda o ante problemas de suministro?	2	El sistema Andón está ubicado en solo un área denominada rotulado y tableros de mando maquinas envasadoras.
Puntuación total		19	59%
Máxima puntuación		32	100%
Valoración del parámetro Lean		0,59	

5. Lista de chequeo, flexibilidad operacional

		FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
ITEM	CRITERIO	PT	OBSERVACIONES
1	¿Se garantiza la formación de todos los empleados en el puesto de trabajo antes de trabajar solos? ¿Sólo una parte insignificante de la defectuosidad del producto/proceso es atribuible a trabajadores nuevos o inexpertos?	4	Si, se realiza un plan padrino en el cual se asigna un trabajador experto para darle una inducción al puesto de trabajo
2	¿Se han evaluado, medido y reducido los recorridos del producto y componentes en la planta?	2	Los recorridos son muy largos en el transcurso de realización de las tareas, pero se vienen adelantando medidas para reducir los recorridos.
3	¿Las capacidades de la instalación son acordes a las necesidades de operación? ¿Tienen la capacidad de modificar la velocidad para equilibrarse con el TAKT TIME? ¿La instalación está liberada de "atacadores"?	3	Si, son acordes y se equilibra según los tipos que se necesiten para cada referencia
4	¿Está el proceso de trabajo diseñado para poder identificar, de manera inmediata, los defectos en el momento y lugar donde se manifiesten?	3	Si, se puede visualizar la rápidamente si los productos cumplen con los requerimientos de calidad.
5	¿Los procesos y los equipos están mantenidos de manera que garanticen el flujo de trabajo sin interrupciones no deseadas?	3	Si, cuenta con mantenimiento de equipos en estado óptimo y en el caso de fallas se solicita inmediatamente el arreglo de la misma.
6	¿Están los empleados capacitados y entrenados para poder trabajar en cualquiera de las estaciones u operaciones del proceso?	2	Si, están capacitados para trabajar en las áreas asignadas pero no todos los empleados pueden manipular las envasadoras y empacar el producto terminado (peso).
7	¿Se han diseñado e implementado células de trabajo que garanticen el flujo de una pieza a través del proceso productivo?	3	Si, se tiene establecidos punto de abastecimiento de envase, zona de envasado, área de empaque.
Puntuación total		20	71%
Máxima puntuación		28	100%
Valoración del parámetro Lean		0,71	

6. Lista de chequeo, SMED

		SMED	
ITEM	CRITERIO	PT	OBSERVACIONES
1	¿Se planifican con la suficiente antelación y precisión todos los cambios, de forma que todos los operarios están informados y conocen con precisión el momento en que se producirán?	4	Se publica el programa de producción en días específicos y se revisan las prioridades las cuales se deben fabricar en primera instancia.
2	¿Están emplazados los equipos del cambio en el lugar apropiado y los operarios están formados en métodos de cambio rápido? ¿Los operarios actúan continuamente en la mejora de los métodos de cambio?	2	Los cambios son demorados por manipulación de muchos pasos en estos como soltar, apretar tornillos, tuercas, los acoples rápidos solo se evidencian en algunas partes y las herramientas están alejadas del lugar de cambio.
3	¿De manera frecuente y habitual, el tiempo transcurrido entra la última pieza buena del trabajo anterior y la primera pieza buena del siguiente proceso, es menor de diez minutos?	0	El cambio más rápido se demora más de treinta minutos.
4	¿Se extrapolan, a otros procesos y áreas de la empresa, las ideas de mejora en los cambios implementadas con éxito?	1	Solo el personal del área se informa de las mejoras
5	¿Se han desarrollado e implementado instrumentos y equipos que ayuden a reducir el tiempo de cambio y/o el trabajo necesario?	2	Si, se han hecho algunas mejoras de acople rápido en la envasadora, pero falta intervención en otros lugares como envasadora y tapadora para reducir tiempo en los cambios.
6	¿El tiempo de cambio real vs previsto está informado en cada puesto de trabajo de manera clara y visible?	3	Si, se tiene claro el rendimiento de los cambios para todo el personal.
7	¿Se utilizan listas de comprobación conteniendo: materiales, utillajes, medios de control, componentes, ¿etc...Necesarios para la siguiente producción, como soporte para la reducción de los tiempos de cambio?	3	Si, se utilizan medios, pero aun así lo tiempos de cambio son demorados y escasas las listas de comprobación.
8	¿Están identificados, conservados almacenados, de manera ordenada y garantizando su correcto funcionamiento, todos los ítems necesarios para los cambios?	2	Si, se encuentran ubicados, pero no organizados los elementos para los cambios, falta identificación y mayor facilidad para acoples rápidos.
Puntuación total		17	53%
Máxima puntuación		32	100%
Valoración del parámetro Lean		0,53	

7. Lista de chequeo, TPM

		TPM	
ITEM	CRITERIO	PTOS	OBSERVACIONES
1	¿Los responsables de mantenimiento y sus equipos han sido entrenados en los conceptos y principios del TPM?	2	El tpm es claro para los responsables del mantenimiento, pero, para los operadores falta claridad.
2	¿La maquinaria funciona con todos los elementos de seguridad necesarios activos? ¿Se inutiliza el uso de los equipos cuando los elementos de seguridad se rompen o no funcionan adecuadamente?	3	Si, funciona con seguridad y se detiene el proceso mientras se cambia o se arreglan las guardas o piezas dañadas.
3	¿Se publican en cada área de trabajo los planes de intervención de mantenimiento (preventivo, predictivo)? ¿Se rastrea y evalúa la duración de los diferentes ítems críticos en el correcto funcionamiento del equipo?	0	No se publica en la planta ningún tipo de mantenimiento predictivo y preventivo.
4	¿Se rastrea y evalúa la duración de los diferentes ítems críticos en el correcto funcionamiento del equipo?	1	No se rastrea la duración los ítems críticos, ya que cuando se averían las maquinas tienen constantes fallas.
5	¿Se mantienen con rigor los registros de las intervenciones de mantenimiento y se exponen de manera clara y visible para todos los operarios?	3	Sí, hay registro de la solicitud del mantenimiento, pero no se expone la solución a todos los operarios con claridad.
6	¿Las actividades de mantenimiento se enfocan al aumento de la utilización-disponibilidad de los equipos y a la disminución de la variabilidad en el tiempo de ciclo?	1	Las actividades de mantenimiento predictivo y preventivo se enfocan en la utilización del equipo, se evidencia más el mantenimiento correctivo.
7	¿Están definidas las responsabilidades relacionadas con el mantenimiento, tanto para el personal de mantenimiento como para el de producción?	4	Se tiene claro que el operario no interviene los equipos.
8	¿Se destina un tiempo diario suficiente, en la actividad de los operarios, para dedicarlo a actividades de mantenimiento, conservación y limpieza de los equipos y puestos de trabajo?	4	Por políticas de la compañía, los operadores solo dedican tiempo para la limpieza de los equipos, el mantenimiento es responsabilidad del área de mantenimiento.
Puntuación total		18	56%
Máxima puntuación		32	100%
Valoración del parámetro Lean		0,56	

8. *Lista de chequeo, Pull System*

		PULL SYSTEM	
ITEM	CRITERIO	PT	OBSERVACIONES
1	¿Todos los puestos de trabajo y procesos productivos conocen y exponen, clara y visiblemente, los requisitos necesarios en la producción, los objetivos de producción horaria y los tiempos de cambio?	4	Se tiene presente la producción y cambios de lote
2	¿Todos los mandos de la planta han sido formados en los principios y la implementación del pull sistema?	3	No todos los mandos saben de la metodología
3	¿Los flujos de materiales en la planta transcurren en flujos de una pieza o en supermercados "aguas abajo" gestionados por Kan-Ban?	3	Los flujos son por unidades y solicitados según las necesidades de producción.
4	¿Los procesos río abajo tiran del resto de procesos, marcando los ritmos y horarios de trabajo de los procesos río arriba?	3	Si, tiran de acuerdo con las unidades de pedido que realiza el departamento de planeación de la producción.
5	¿Las líneas, células o fases de las operaciones, son capaces de adaptarse a la demanda del cliente, mediante cambios de horarios de producción, únicamente, en el proceso "marcapasos"?	3	Si, y de acuerdo a la demanda del cliente se programan horas extras o cambios de referencias de producción.
6	¿Los supervisores de la producción y el personal administrativo, únicamente, producen el "papeleo" mínimo necesario para el siguiente proceso?	4	No, además de hacer el papeleo están pendientes del cumplimiento de los indicadores haciendo la gestión necesaria.
Puntuación total		20	83%
Máxima puntuación		24	100%
Valoración del parámetro Lean		0,83	

9. Lista de chequeo, balanceo

		BALANCEADO DE LA PRODUCCIÓN	
ITEM	CRITERIO	PT	OBSERVACIONES
1	¿Se realiza un esfuerzo para nivelar los horarios del proceso de producción requiriendo, tanto de los suministradores internos como externos, planificar entregas frecuentes de lotes pequeños?	3	Si, se hace de acuerdo a disponibilidad de inventarios personal.
2	¿Se realizan los cambios de producción para reforzar el concepto de entregar la demanda diaria de todas las referencias, por encima de la fabricación en lotes?	3	Algunas veces se cambia según demanda y prioridades.
3	¿El Takt Time es conocido por todos y determina el ritmo de los procesos de producción?	3	Si, son muy pocos operarios los que no conocen el ritmo.
4	¿El Takt Time se utiliza para asignar las dotaciones de trabajo y los tiempos de ciclo en cada proceso?	3	Si, se tiene en cuenta para los tiempos de ciclo de cada proceso
5	¿Cuándo se modifica la demanda del cliente, se vuelven a balancear los procesos y se redefinen los tiempos de ciclo conforme al nuevo Takt Time?	3	Se mantiene los balances ya estipulados si se mejora se informa al personal del área conforme al Takt Time.
Puntuación total		15	75%
Máxima puntuación		20	100%
Valoración del parámetro Lean		0,75	

Anexo 2. Técnica de los 5 Por qué

HERRAMIENTA LEAN	EFECTO	CAUSA 1	CAUSA 2	CAUSA 3
SMD	No todos los equipos que interviene en el proceso envasado de soldadura tiene sistema de acople rápido.	No se cuenta con las herramientas requeridas	No se han incluido en el presupuesto de producción de la sección de soldaduras	No hay un estudio de ahorro y mejora en los tiempos de envasado para la soldadura y limpiador.
	El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera pieza buena del siguiente proceso, no es menor de diez minutos.	No es frecuente y habitual que los operarios sigan un estándar en los cambios de referencia.	Porque los movimientos y los pasos que se realizan en el cambio de elementos son extensos.	Por que las herramientas actuales tienen bastantes elementos de sujeción que dificultan la rapidez al hacer el cambio de las mismas
	No se extrapolan a otros procesos y áreas de la empresa, las ideas de mejora en los cambios implementadas con éxito.	No se le dá la importancia suficiente al proceso de fabricación de soldadura y limpiadores	Porque las ideas implementadas no mejoran en mayor medida el proceso	Por que es un proceso diferente a los que se manejan en el resto de áreas.
	No están identificados, de manera ordenada todos los elementos necesarios para los cambios.	Porque no se cuenta con el espacio suficiente para la organización	Porque está ya deteriorado el lugar donde se conservan los instrumentos para los cambios	Porque no se ha hecho la gestión de actualizar la organización de cada una de las herramientas y utillajes.
POKA YOKE	No es costumbre en la planta manejar la metodología de anti error	No se maneja la metodología de la herramienta en la planta	Los empleados no han sido formados en los métodos anti error	No se ha contemplado la necesidad de establecer métodos de anti error
	No han sido desarrollados e implementados los dispositivos y métodos anti - error en un 100%	Solo cuando se presentan fallas se revisan, pero no se implementa más herramientas orientadas al anti error	No se destinan recursos suficientes para cumplir con el total	Han sido desarrollados de manera parcial
	¿Se realiza un análisis del rendimiento de todos los componentes, subconjuntos y productos en vistas de identificar mejoras en su diseño para eliminar errores y mejorar su productividad?	No, no se destina recursos parar este análisis	La productividad no ha mejorado pero la falta de análisis	
	Los procesos que están equipados con elementos de señal (ANDON), no atraen la atención de operarios y supervisores	No todas las señales anti -error son adecuadas en cada puesto de trabajo de la línea de soldaduras	Algunas señales anti-error son confusas principalmente las de los tableros de control de envasado.	Porque los dispositivos implementados requieren mantenimiento.

HERRAMIENTA LEAN	EFECTO	CAUSA 1	CAUSA 2	CAUSA 3
MEJORA CONTINUA	Los empleados no han sido formados en los métodos de trabajo necesarios para desarrollar la Mejora Continua	Porque no se acostumbra a capacitar y formar a los empleados de la planta en mejora continua en el proceso de soldadura.	No se destina el tiempo necesario para divulgar e implementar la metodología de mejora continua en los empleados de la planta de soldadura	
	No hay plena identificación de los principales fuentes de desperdicios.	Falta de personal capacitado y especializado en esta identificación.	No se cuenta con información clara y precisa de las 7 mudas o fuentes de desperdicios.	La compañía no realiza capacitaciones en la planta de soldadura sobre las siete fuentes de desperdicio.
	Los Gemba-Kaizen no se estructuran, planifican y aplican dentro de las prácticas ordinarias de la planta de soldadura.	Por falta de tiempo para las capacitaciones en el personal de la planta.	No se destinan los recursos suficientes para el desarrollo de la metodología kaizen.	
	No se utilizan Los análisis VSM como base de referencia para comprobar y evaluar los progresos.	No es costumbre trabajar con mapas de flujos de valor en la planta de soldadura.	No se cuenta con información sobre los mapas de cadena de valor(VSM) ni se encuentran visibles.	No se destina el tiempo para el levantamiento de la información requerida para la construcción del los VSM.
TPM	No se publican en el área de trabajo los planes de intervención de mantenimiento (predictivo,preventivo)	A pesar de que cuenta con planes preventivos y predictivos en la empresa, en la planta de soldadura no es eficiente en el momento de intervenir.	El área de mantenimiento se hace presente en la planta solamente cuando se averían los equipos.	Los mantenimientos en la planta de soldadura no están publicados en el área porque se hace en el área de mantenimiento.
	No se mantienen con rigor los registros de las intervenciones de mantenimiento y no se exponen de manera clara y visible para todos los operarios. Las actividades de mantenimiento no se enfocan en la disminución de la variabilidad en el tiempo de ciclo.	Porque no se destina el espacio para la socialización de los reportes de mantenimientos ejecutados. Porque están enfocadas es en la utilización y la disponibilidad de los equipos.	Porque se considera que no es información competente para el personal operativo. Porque falta intervención técnica en la disminución de la variabilidad del tiempo de ciclo.	Porque es una información relevante para el manejo de la administración del departamento de mantenimiento. Porque se destina el tiempo para las necesidades de producción y no a mantenimiento de las maquinarias

HERRAMIENTA LEAN	EFECTO	CAUSA 1	CAUSA 2	CAUSA 3
STD TRABAJO	No se han actualizado los estándares para la operación de cada máquina y la formación en el puesto de trabajo Falta en cada proceso, su hoja de operaciones estándar para que esté al alcance y a disposición del operador.	No se ha documentado el proceso estandarizado para las tareas y máquinas de envasado. No se tiene definidos los procesos que deben tener las hojas de operaciones.	No hay una persona encargada de documentar las estandarizaciones y hacer respectivo seguimiento.	No se ha destinado tiempo para la capacitación y elaboración de hojas de seguridad.
	No se estandariza y actualiza, frecuentemente, las visualizaciones de las operaciones que no agregan valor. No se comprueban periódicamente, mediante auditorías u otras herramientas, las hojas de operación estándar.	No se tiene claro las operaciones que no agregan valor. No hay hojas de operación estándar.	Porque no se ha capacitado al personal en conceptos de operaciones que no agregan valor. Falta personal especializado en comprobación y aplicación de mejoras en las hojas de operación.	Porque desde la planta no se maneja el concepto
	No se registran, investigan y corrigen los	No hay hojas de operación		Porque los formatos que hay no son

HERRAMIENTA LEAN	EFEECTO	CAUSA 1	CAUSA 2	CAUSA 3
5'S	No hay paneles de información en algunos de los puestos de trabajo, ni tampoco histórico de problemas de calidad recientes y sus contramedidas	No hay personal especializado para brindar capacitación y actualizar la información con el seguimiento en los paneles de control.	No se ha identificado tableros de control y calidad para cada línea de envasado.	No se tienen claros los beneficios de tener la información estandarizada visible para todo el personal.
	Los paneles de control existentes, no están actualizados y están para toda la planta, no para cada puesto de trabajo.	No hay divulgación y capacitación sobre paneles de control para ponerlos en práctica.	No se ha brindado capacitación en cuanto control de calidad, de proceso y sus medidas de control.	
	No se clasifican las herramientas, utillajes contenedores, según su uso cotidiano, ocasional o uso de rara vez	Las herramientas no se clasifican por falta de cultura	No se destina el tiempo durante la jornada para la educación de la clasificación de los ítems según su uso.	Porque no se ha hecho la gestión de mejorar y actualizar el sitio de la organización de cada una de las herramientas y utillajes.
	No se mantiene organizados el lugar de ubicación de los elementos por lo cual no es funcional, ordenado y seguro.	Se cuenta con un tablero, sin embargo, No se cuenta con el espacio suficiente para la organización.	Debido al evidente deterioro del sitio en el que se resguardan los elementos.	
	No se controla el estado ideal de la planta mediante controles visuales como diagramas o fotografía	No se maneja la metodología de la herramienta en la planta y no se identifica acciones urgentes de mejorar	No se establece el estado final de orden, limpieza y no se transmiten las normas establecidas	Porque no se tienen claros los beneficios de tener un sistema de control visual para todo el personal.

HERRAMIENTA LEAN	EFECTO	CAUSA 1	CAUSA 2	CAUSA 3
5'S	No siempre el puesto de trabajo permanece impecable	Porque los recipientes para manipular el compuesto sobrante no son los adecuados, ocasionando derrames. Las fallas en las boquillas o bombas de llenado derraman compuestos que termina manchando el piso	La clasificación y organización de los residuos se hacen al final de turno, porque la presión del aire de la planta no es constante.	Porque el tiempo para hacer clasificación y organización se destina para desarrollar las actividades propias al cargo Porque los empaques de las boquillas están desgastados y no cumplen su función
	No se cuenta con programas de incentivos que permita motivar al operador a mantener el puesto de trabajo limpio y ordenado	No hay una persona encargada de motivar a los trabajadores	Debido a que la jornada es corta no se cuenta con el tiempo suficiente para la limpieza y orden que debe ser.	
	No todos los empleados cuentan con la	No se maneja la cultura en		Porque no todo el personal practica

HERRAMIENTA LEAN	EFECTO	CAUSA 1	CAUSA 2	CAUSA 3
STD TRABAJO	No se han actualizado los estándares para la operación de cada máquina y la formación en el puesto de trabajo	No se ha documentado el proceso estandarizado para las tareas y máquinas de envasado.	No hay una persona encargada de documentar las estandarizaciones y hacer respectivo seguimiento.	No se ha destinado tiempo para la capacitación y elaboración de hojas de seguridad.
	Falta en cada proceso, su hoja de operaciones estándar para que esté al alcance y a disposición del operador.	No se tiene definidos los procesos que deben tener las hojas de operaciones.		
	No se estandariza y actualiza, frecuentemente, las visualizaciones de las operaciones que no agregan valor.	No se tiene claro las operaciones que no agregan valor.	Porque no se ha capacitado al personal en conceptos de operaciones que no agregan valor.	Porque desde la planta no se maneja el concepto
	No se comprueban periódicamente, mediante auditorías u otras herramientas, las hojas de operación estándar.	No hay hojas de operación estándar.	Falta personal especializado en comprobación y aplicación de mejoras en las hojas de operación.	
No se registran, investigan y corrigen los	No hay hojas de operación			Porque los formatos que hay no son

Anexo 3. Plan de trabajo

	EFECTO	CAUSA RAÍZ	ACCIÓN PROPUESTA		RECURSOS			DESCRIPCIÓN	UND MEDIDA	CANTIDAD	COST UNIT	COST TOTAL
			EL QUÉ HACER	CÓMO HACERLO	MAQ.	MATERIALES	RH					
SMD	No todos los equipos que intervienen en el proceso de envasado de soldadura tienen sistema de acople rápido.	No hay un estudio de ahorro y mejora en los tiempos de envasado para la soldadura y limpiador.	Evaluar los tiempos actuales de envasado	Proyectar los tiempos de envasado para soldaduras y limpiadores con proyección acople rápido.	X			Acoples rápidos	UND	1	\$ 2.800.000,00	\$ 2.800.000,00
	El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera pieza buena del siguiente proceso, no es menor de diez minutos.	Por que las herramientas actuales tienen bastantes elementos que dificultan la rapidez al hacer el cambio	Evaluar las instrumentos y herramientas.	Hacer una estandarización en el cambio de referencia y productos, con el fin optimizar el tiempo y que todos los colaboradores lo realicen igual.			X		H/H	32	\$ 11.400,00	\$ 364.800,00
					X			Tapadora de ajuste milimétrico y guías de ajuste manual.	UND	3	\$ 2.000.000,00	\$ 6.000.000,00
	No se extrapolan a otros procesos y áreas de la empresa, las ideas de mejora en los cambios implementadas con éxito.	Porque es un proceso diferente a los que se manejan en el resto de áreas.	Socializar mensualmente las mejoras implementadas en la planta a otras áreas de la empresa.	Mediante charlas informativas de cumplimiento de indicadores de gestión.			X		H/H	32	\$ 17.416,00	\$ 557.312,00
					X			Mesa	UND	1	\$ 230.000,00	\$ 230.000,00
	No están identificados de manera ordenada, todos los ítems necesarios para los cambios.	Porque no se ha hecho la gestión de actualizar la organización de cada una de las herramientas y utilajes.	Ampliar zona que se requiere de organización de ítems de cambios.	Se debe realizar un análisis del puesto donde deben colocarse los ítems del turno de trabajo, demarcar esa zona e identificarla.		X		Tablero de organización de herramientas o cajón de almacenamiento.	UND	1	\$ 867.300,00	\$ 867.300,00
						X		Archivador Metálico Con Ruedas para almacenamiento	UND	1	\$ 420.000,00	\$ 420.000,00
											\$ 11.746.078,67	
POKA YOKE	No es costumbre en la planta manejar la metodología de anti error	No se ha contemplado la necesidad de establecer métodos de anti error	Capacitación a los trabajadores del área.	Traer a personal capacitado sobre las fundamentos, implementación y control de métodos anti-error.			X	Especialista en método poka yoke	H/H	12	\$ 25.333,33	\$ 304.000,00
				diseñar programa de capacitación de método anti - error para definir la importancia dentro del puesto de trabajo.			X	Capacitación del personal	H/H	20	\$ 15.833,33	\$ 316.666,67
	Los procesos que están equipados con elementos de señal (ANDON)no atraen la atención de operarios y supervisores ante situaciones en las que se requiere ayuda o ante problemas de suministro.	Porque los dispositivos implementados requieren mejoramiento .	Implementar las señales Andon	Adaptar sistema anti error en los tanques de almacenamiento de la envasadora para evitar derrames	X			válvula de bola neumática	UND	2	\$ 623.000,00	\$ 1.246.000,00
				Instalar sistema de control visual andon.	X			Juego de 4 luces LED estables e intermitentes Andon Tower Light	UND	2	\$ 896.000,00	\$ 1.792.000,00
											\$ 3.658.666,67	

EFECTO	CAUSA RAÍZ	ACCIÓN PROPUESTA		RECURSOS			DESCRIPCIÓN	UND MEDIDA	CANTIDAD	COST UNIT	COST TOTAL
		EL QUÉ HACER	CÓMO HACERLO	MAQ-	MATERIALES	RH					
				EQUIPO							
ESTANDARIZACIÓN DE TRABAJO	No visualiza las operaciones que no agregan valor.	Porque no se ha capacitado al personal en conceptos de operaciones que no agregan valor.						H/H	8	\$ 15.833,33	\$ 126.666,67
	No se han actualizado los estándares para la operación de cada máquina y la formación en el puesto de trabajo.	Falta personal especializado en comprobación y aplicación de mejoras en las hojas de operación.		Plantear opciones de mejora y actualización por parte de personal experto en cuanto a las operaciones existentes que no agregan valor		X		H/H	8	\$ 15.833,33	\$ 126.666,67
	No existe un metodología que permita usar comprobar periódicamente las hojas de operación estándar.			Hacer planes de seguimiento a las hojas de operación estándar cada mes		X		H/H	4	\$ 15.833,33	\$ 63.333,33
	Falta en cada proceso, su hoja de operaciones estándar para que esté al alcance y a disposición del operador.	No se ha destinado tiempo para la capacitación y elaboración de hojas de operación.		Realizar hojas de operación estándar faltantes y ubicarlas en cada proceso al alcance del operador.		X		H/H	4	\$ 15.833,33	\$ 63.333,33
	No se registran, investigan y corrigen los errores e incumplimientos que se producen y no se cumplen las instrucciones con rigor de las hojas de operación estándar.	No se ha hecho el estudio pertinente en cuanto a hojas de operación		Destinar personal experto en la investigación de operaciones para corregir las instrucciones impartidas en las hojas de operación		X		H/H	8	\$ 15.833,33	\$ 126.666,67
						X					\$

	EFECTO	CAUSA RAÍZ	ACCIÓN PROPUESTA		RECURSOS			DESCRIPCIÓN	UND MEDIDA	CANTIDAD	COST UNIT	COST TOTAL
			EL QUÉ HACER	CÓMO HACERLO	MAQ- EQUIPO	MATERIALES	RH					
5 S	Los paneles de control existentes, no están actualizados y están para toda la planta, no para cada puesto de trabajo.	No se tienen claros los beneficios de tener la información estandarizada visible para todo el personal.	Evaluar e instalar tableros de control y calidad en cada línea de envasado	Adquirir tableros en acrílicos que permitan mantener la información del proceso		X		tableros de control de calidad y tablero de control de proceso para cada máquina	UND	3	\$ 140.000,00	\$ 420.000,00
	No se clasifican las herramientas o utillajes, según su uso cotidiano, ocasional o uso de rara vez	Porque no se ha hecho la gestión de mejorar y actualizar el sitio de la organización de cada una de las herramientas y utillajes.	Se deben clasificar las herramientas por frecuencia de uso y separar las herramientas que tengan desgaste o estén dañadas	Adquirir un tablero de organización de herramientas		X		Panel perforado con clavijas	UND	1	\$ 800.000,00	\$ 800.000,00
	No se clasifican los contenedores de utillajes, según su uso cotidiano, ocasional o uso de rara vez		Organización de los utillajes en lugares específicos y adecuados	Construir organizadores industriales.		X		Mueble organizador de elementos	UND	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
	No se mantiene organizados el lugar de ubicación de los elementos por lo cual no es funcional, ordenado y seguro.	Debido al evidente deterioro del espacio donde se resguardan los elementos.	Establecer método de almacenamiento, definiendo lugar para cada objeto de forma segura									
	No se cuenta con programas de incentivos que permita motivar al operador a mantener el puesto de trabajo limpio y ordenado	Debido a que la jornada es para las funciones sustantivas del cargo lo que no permite tiempo suficiente para la limpieza y orden que debe ser.	Definir estándares de limpieza y establecer estado final de orden y limpieza mediante fotografía o diagrama	Generar incentivo a la zona mejor organizada de la planta.			X	bono	UND	15	\$ 58.777,00	\$ 881.655,00
	No todos los empleados cuentan con la capacidad autónoma de aplicar constantemente las técnicas de limpieza	Porque no todo el personal practica con frecuencia las normas de las 5 S's.	Programa de practica continua de las 4S's anteriores	Capacitación en importancia de conservar los espacio en condiciones impecables(5s's).			X	5 personas a capacitar por 2 horas	H/H	120	\$ 7.346,67	\$ 881.600,00
SUBTOTAL 5'S											\$	3.483.255,00

*Anexo 4. Costos para la inversión***1. Trabajo de grado**

COSTOS DESARROLLO TRABAJO DE GRADO					
	RECURSOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	VALOR TOTAL
Humanos	Estudiante	Horas	180	\$ 8.000,00	\$ 1.440.000,00
	Asesor	Horas	40	\$ 30.000,00	\$ 1.200.000,00
	Personal administrativo	Horas	40	\$ 30.000,00	\$ 1.200.000,00
subtotal					\$ 3.840.000,00
Físicos	Equipos de computo	Mes	7	\$ 80.000,00	\$ 560.000,00
	Bases de datos, Internet	Mes	7	\$ 70.000,00	\$ 490.000,00
	Viáticos	unidad	4	\$ 50.000,00	\$ 200.000,00
subtotal					\$ 1.250.000,00
TOTAL					\$ 5.090.000,00

2. Implementación herramientas Lean

Herramienta Lean	Maquinaria equipo	Materiales	Recurso Humano	
	\$ 2.800.000,00	\$ 867.300,00	\$ 364.800,00	
Smed	\$ 6.000.000,00	\$ 420.000,00	\$ 506.666,67	
	\$ 230.000,00		\$ 557.333,33	
subtotal	\$ 9.030.000,00	\$ 1.287.300,00	\$ 1.428.800,00	\$ 11.746.100,00
Poka Yoke	\$ 1.246.000,00		\$ 304.000,00	
	\$ 1.792.000,00		\$ 316.666,67	
Subtotal	\$ 3.038.000,00	\$ 0,00	\$ 620.666,67	\$ 3.658.666,67
	\$ 10.000.000,00		\$ 506.666,67	
Mejora Continua	\$ 2.000.000,00		\$ 1.013.333,33	
	\$ 1.300.000,00		\$ 76.000,00	
			\$ 152.000,00	
			\$ 475.000,00	
Subtotal	\$ 13.300.000,00		\$ 2.223.000,00	\$ 15.523.000,00
			\$ 126.666,67	
			\$ 190.000,00	
TPM			\$ 63.333,33	
			\$ 95.000,00	
			\$ 38.000,00	
Subtotal	\$ 0,00		\$ 513.000,00	\$ 513.000,00
			\$ 126.666,67	
			\$ 126.666,67	
Estandarización			\$ 63.333,33	
			\$ 63.333,33	
			\$ 126.666,67	
Subtotal	\$ 0,00		\$ 506.666,67	\$ 506.666,67
		\$ 420.000,00	\$ 750.000,00	
5s		\$ 800.000,00	\$ 1.026.000,00	
		\$ 500.000,00		
Subtotal	\$ 0,00	\$ 1.720.000,00	\$ 1.776.000,00	\$ 3.496.000,00
Gran total	\$ 25.368.000,00	\$ 3.007.300,00	\$ 7.068.133,33	\$ 35.443.433,33

3. Resumen costos del proyecto

HERRAMIENTA LEAN	COSTO DE IMPLEMENTACION
SMD	\$ 11.746.100,00
POKA YOKE	\$ 3.658.666,67
MEJORA CONTINUA	\$ 15.523.000,00
TPM	\$ 513.000,00
5S's	\$ 3.496.000,00
ESTANDARIZACIÓN	\$ 506.666,67
Total costo implementación por herramienta	\$ 35.443.433,33
Costo trabajo de grado	\$ 5.090.000,00
Gran total	\$ 40.533.433,33

Anexo 5. Estudio financiero

1. Análisis eficacia- eficiencia

ANÁLISIS EFICIENCIA * EFICACIA PARA UN TURNO DE TRABAJO												
Referencia Soldadura	Tiempo Estimado (min)	EFICIENCIA			Eficiencia	Tiempo perdido (min)	EFICACIA		DIFERENCIA			
		Unidades esperadas	min/un esperada	min/un real			Unidades reales	Eficacia	Tiempo (min/un)	Unidades	Productividad real	
Soldadura 1/4	420	3672	0,11	0,14	82,4%	73,9	3000	81,7%	0,03	672	67,3%	
Soldadura 1/8	420	4500	0,09	0,10	96,1%	16,2	4320	96,0%	0,01	180	92,3%	
Soldadura 1/16	420	5040	0,08	0,09	91,8%	34,6	4608	91,4%	0,01	432	83,9%	
Soldadura 1/32	420	5000	0,08	0,09	90,5%	40,0	4500	90,0%	0,01	500	81,4%	
Sub total										1784	81,2%	

Referencia Limpiador	Tiempo Estimado (min)	EFICIENCIA			Eficiencia	Tiempo perdido (min)	EFICACIA		DIFERENCIA		
		Unidades esperadas	min/un esperada	min/un real			Unidades reales	Eficacia	Tiempo (min/un)	Unidades	Productividad real
Limpiador 1/4	420	3708	0,111	0,121	94,0%	25,3	3480	93,9%	0,010	228	88,2%
Limpiador 12 O	420	4800	0,097	0,109	77,8%	93,1	3840	80,0%	0,012	960	62,3%
Sub total										1188	75,2%
TOTAL										2972	78,2%

2. Gastos y beneficios

PERIODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTALES	
INVERSIONES											
recursos físicos											
recursos humano											
maquinaria y equipos											
materiales											
EGRESOS											
recursos físicos	\$ 1.250.000,00									\$ 1.250.000,00	
recursos humano	\$ 3.840.000,00	\$ 1.428.800,00	\$ 1.769.666,67	\$ 3.869.666,67						\$ 10.908.133,33	
maquinaria y equipos		\$ 23.346.000,00	\$ 2.022.000,00							\$ 25.368.000,00	
materiales		\$ 1.287.300,00	\$ 1.720.000,00							\$ 3.007.300,00	
TOTAL EGRESOS	\$ 5.090.000,00	\$ 26.062.100,00	\$ 5.511.666,67	\$ 3.869.666,67						\$ 40.533.433,33	
BENEFICIOS											
Optimizar tiempos de operación	\$ -	\$ -		\$ 677.495.969,00	\$ 677.495.969,00	\$ 677.495.969,00	\$ 677.495.969,00	\$ 677.495.969,00	\$ 677.495.969,00	\$ 4.064.975.814,00	
Optimizar tiempo disponible de maquinaria	\$ -	\$ -		\$ 16.076.880,00	\$ 16.076.880,00	\$ 16.076.880,00	\$ 16.076.880,00	\$ 16.076.880,00	\$ 16.076.880,00	\$ 96.461.280,00	
Estandarización de operaciones	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8.571.428,57	\$ 8.571.428,57	\$ 8.571.428,57	\$ 8.571.428,57	\$ 8.571.428,57	\$ 42.857.142,86	
TOTAL BENEFICIOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 693.572.849,00	\$ 702.144.277,57	\$ 702.144.277,57	\$ 702.144.277,57	\$ 702.144.277,57	\$ 702.144.277,57	\$ 4.161.437.094,00	
BENEFICIOS - EGRESOS	-\$ 5.090.000,00	-\$ 26.062.100,00	-\$ 5.511.666,67	\$ 689.703.182,33	\$ 702.144.277,57	\$ 4.120.903.660,67					
TIR	328,6%	RENTABILIDAD MES									
VPN	\$3.732.626.729,38	2%									
RB/C	\$3.698.246.983,41	\$93,43 VPN ING									
	\$39.585.193,69	VPN EGRESOS									
PRI	LA INVERSIÓN SE RECUPERA EN EL MES 3										
	POR CADA PESO INVERTIDO EN EL PROYECTO GENERA UN BENEFICIO DE \$93,43										