

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED
EN PROCESOS DE INYECCIÓN



Optimización del Desempeño Operativo mediante SMED: Un Proyecto de Mejora en el Proceso
de Inyección de Plásticos

Yilmer Giraldo Rodríguez Campos ID 682313, Opción de grado Monografía

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

julio de 2025

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED
EN PROCESOS DE INYECCIÓN

Optimización del Desempeño Operativo mediante SMED: Un Proyecto de Mejora en el Proceso
de Inyección de Plásticos

Yilmer Giraldo Rodríguez Campos

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Asesor(a)

Ivonne Tatiana Muñoz Martínez

Docente investigación II

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

julio de 2025

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED
EN PROCESOS DE INYECCIÓN

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	6
Lista de Ilustraciones.....	7
Lista de Anexos.....	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 Descripción del problema	13
1.2 La pregunta de investigación	13
1.3 Los objetivos de investigación.....	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación de la investigación	15
2 MARCO DE REFERENCIA.....	17
2.1 Marco de Antecedentes.....	19
2.2 Marco Teórico.....	20
2.3 Marco Normativo.....	23
3 METODOLOGÍA.....	26
3.1 Enfoque y alcance de la investigación	27
3.1.1 Métodos Cualitativos	28
3.1.2 Áreas de Estudio	28
3.1.3 Limitaciones.....	29

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED EN PROCESOS DE INYECCIÓN

3.1.4	Contribuciones Esperadas.....	29
3.2	Población y muestra.....	30
3.2.1	Definición de la población.....	30
3.2.2	Cálculo y selección de la muestra.....	30
3.2.3	Criterios de Inclusión y Exclusión.....	31
3.3	Instrumento(s).....	32
3.3.1	Encuestas.....	32
3.3.2	Entrevistas.....	32
3.4	Descripción de procedimientos.....	33
3.4.1	Datos Recolectados.....	33
3.4.2	Descripción Detallada.....	33
3.4.3	Procedimiento de Capacitación.....	34
3.5	Análisis de información.....	34
3.5.1	Procedimiento de Análisis.....	35
3.5.2	Recolección de Datos.....	35
3.5.3	Codificación de Datos.....	36
3.5.4	Análisis detallado.....	36
3.5.5	Descripción de procedimientos.....	38
3.5.6	Procedimientos de Capacitación.....	38
3.5.7	Análisis de la Información.....	38
3.6	Consideraciones Éticas.....	39
3.6.1	Análisis de Consideraciones Éticas.....	39
3.6.2	Instrumentos de Aceptación y Autorización.....	39
4	HIPÓTESIS.....	40
4.1	Las variables.....	40

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED
EN PROCESOS DE INYECCIÓN

4.1.1	Variable(s) Independiente(s).....	41
4.1.2	Variable(s) Dependiente(s).....	41
4.2	Planteamiento de Hipótesis.....	42
4.3	Hallazgos.....	43
4.3.1	Diagnóstico del Estado Actual del Proceso	43
4.3.2	Diseño de Acciones de Mejora	43
4.3.3	Implementación de Herramientas para la Captura de Tiempos	44
4.3.4	Evaluación y Validación de Resultados.....	44
5	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
5.1	Diagnóstico del Estado Actual del Proceso y las Variables Críticas	46
5.2	Diseño de Acciones de Mejora	46
5.3	Implementación de Herramientas para la Captura de Tiempos	47
5.3.1	Resultados Cuantitativos Alcanzados	48
5.3.2	Resultados Cualitativos y Percepción del Personal	49
5.3.3	Análisis Comparativo Antes y Después.....	49
5.3.4	Relación con la Hipótesis.....	50
6	CONCLUSIONES	51
6.1	Recomendaciones	53
	Referencias Bibliográficas	55
	Anexos	60

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED
EN PROCESOS DE INYECCIÓN

Lista de Tablas

Tabla 1 Codificación Datos..... 36

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED
EN PROCESOS DE INYECCIÓN

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1, Primeros antecedentes en la industria del plástico..... 23
Ilustración 2 Formula Muestreo Aleatorio Estratificado. 31
Ilustración 3 Resultado formula de Muestreo Aleatorio Estratificado..... 31

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED
EN PROCESOS DE INYECCIÓN

Lista de Anexos

Anexo 1: Encuesta a Operarios y Supervisores	60
Anexo 2: Guía de Entrevista Semiestructurada	62
Anexo 3: Registro de Tiempos de Cambio de Formato	63
Anexo 4: Informe de Mantenimiento Preventivo.....	64
Anexo 5: Análisis de Datos Históricos de OEE.....	65
Anexo 6: Resultados de las Encuestas	66
Anexo 7: Propuestas para Nuevos Temas de Investigación.....	68

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED EN PROCESOS DE INYECCIÓN

Resumen

El estudio tuvo como objetivo optimizar los procesos de cambio de formato y moldes en la planta de inyección de plásticos para reducir en un 20% los tiempos muertos y mejorar la eficiencia operativa. Para ello, se aplicó un enfoque mixto que combinó encuestas y entrevistas a operarios y supervisores con el análisis de datos históricos del indicador OEE, seleccionando la muestra mediante muestreo aleatorio estratificado para garantizar la representatividad. Como resultado, tras la implementación de la técnica SMED, se logró disminuir los tiempos de cambio de formato en un 18%, incrementar el indicador OEE del 68% al 75% y reducir los tiempos de inactividad por errores operativos en un 12%. Se concluyó que la aplicación de SMED, junto con la capacitación del personal y el mantenimiento preventivo, favoreció una mayor eficiencia operativa, demostrando la relevancia de la planificación, el monitoreo constante y la mejora continua en los procesos productivos.

Palabras clave: Gerencia de Proyectos, SMED, mejora continua, eficiencia operativa, , productividad industrial

OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE SMED EN PROCESOS DE INYECCIÓN

Abstract

The study aimed to optimize the processes of format change and molds in the plastic injection plant to reduce downtime by 20% and improve operational efficiency. To this end, a mixed approach was applied that combined surveys and interviews with operators and supervisors with the analysis of historical data from the OEE indicator, selecting the sample through stratified random sampling to ensure representativeness. As a result, after the implementation of the SMED technique, format change times were reduced by 18%, the OEE indicator increased from 68% to 75%, and downtime due to operational errors was reduced by 12%. It was concluded that the application of SMED, along with staff training and preventive maintenance, favored greater operational efficiency, demonstrating the relevance of planning, constant monitoring, and continuous improvement in production processes.

Keywords: Project management, SMED, continuous improvement, operational efficiency, project management, industrial productivity

Introducción

La planta de inyección enfrenta desafíos significativos en la eficiencia de sus procesos de producción, especialmente en los cambios de formato de las máquinas inyectoras. Estas ineficiencias han impactado negativamente el indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE), reflejando una disminución en la productividad y un aumento en los tiempos muertos. La necesidad de entregar la demanda planeada y programada en los tiempos establecidos es crucial para la utilización adecuada de los recursos en la línea de manufactura.

Este estudio surge debido a los atrasos recurrentes en la planta de inyección, donde se ha identificado una gran pérdida de tiempo en los alistamientos, preparación y montaje de moldes. Con 33 máquinas inyectoras en la compañía, cada una programada con un límite de horas de producción, los cambios de formato han demostrado ser un punto crítico que pone en riesgo el cumplimiento de la producción y genera atrasos en los despachos a los clientes.

La investigación tiene como objetivo principal reducir en un 20% el tiempo de cambio de moldes, incrementando así el volumen de producción en la línea de inyección. Para lograr esto, se propone diagnosticar el estado actual del proceso, diseñar acciones de mejora e implementar herramientas para la captura de tiempos que faciliten la toma de decisiones y la evaluación continua. Con estas medidas, se espera mejorar la eficiencia, calidad y flexibilidad de la producción, eliminando tiempos muertos y optimizando los recursos de la planta.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el marco de la línea de investigación de optimización de procesos y gestión de proyectos de mejora continua, se identificó una ineficiencia significativa en los cambios de formato de las máquinas inyectoras de la compañía, lo cual impacta de manera directa el cumplimiento de la demanda planeada y programada. Este problema afecta los objetivos estratégicos de la organización relacionados con productividad, competitividad y satisfacción del cliente, que son pilares fundamentales en la gerencia de proyectos industriales (Kerzner, 2021).

El indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE), métrica clave para evaluar la eficiencia operativa, evidenció una disminución preocupante en los últimos periodos, pasando de un promedio del 78% en el segundo semestre de 2023 a un 68% en los primeros meses de 2024. Este descenso refleja un uso subóptimo de los recursos disponibles y genera un alto riesgo de incumplimiento en los despachos a clientes, afectando directamente la imagen corporativa y la competitividad de la empresa en el mercado (Nakajima, 2018; Muchiri & Pintelon, 2019).

Desde la perspectiva de la gestión de proyectos de innovación y mejora continua, surge la necesidad de diseñar e implementar un proyecto estructurado que integre técnicas como SMED (Single-Minute Exchange of Die), una herramienta reconocida por su efectividad en la reducción de tiempos muertos y en la estandarización de procesos (Shingo, 2019). Esta propuesta no solo busca resolver una ineficiencia operativa, sino también contribuir al fortalecimiento de una cultura organizacional orientada a la mejora continua y al aprendizaje organizacional, alineada con las metas estratégicas de eficiencia, sostenibilidad y generación de valor (PMI, 2021).

En este contexto, se hace indispensable abordar el problema desde un enfoque integral de la gerencia de proyectos, que contemple la planeación, ejecución, control y cierre de iniciativas de mejora, mediante metodologías basadas en estándares internacionales como los establecidos por el Project Management Institute (PMI), para asegurar la alineación entre los resultados operativos y los objetivos estratégicos del negocio.

1.1 Descripción del problema

La industria de inyección de plásticos es altamente competitiva y depende en gran medida de la eficiencia operativa para mantener su participación en el mercado. En este contexto, la complejidad de los cambios de formato, sumada a la variabilidad en la demanda de diferentes referencias, representa un reto constante que limita la capacidad de planificar y ejecutar de manera efectiva las órdenes de producción.

En el caso particular de la empresa objeto de estudio, la línea de inyección aporta cerca del 80% del portafolio de ventas. Sin embargo, los tiempos de cambio de formato resultan excesivos debido a causas identificadas como: falta de estandarización en los procedimientos, carencia de capacitación técnica específica del personal y debilidades en la implementación de un mantenimiento preventivo sistemático. Estas situaciones afectan negativamente el indicador OEE, incrementan los costos operativos y generan productos en backorder, reduciendo la capacidad de respuesta frente a las necesidades del mercado.

Desde la gerencia de proyectos, esta problemática plantea la necesidad de liderar un proyecto que combine la aplicación de técnicas de mejora continua (como SMED), la formación y sensibilización del personal, la implementación de tecnologías para la captura y análisis de tiempos en tiempo real y la definición de indicadores estratégicos para la evaluación constante. Este enfoque integral permitirá no solo optimizar los procesos de cambio de formato, sino también fortalecer la madurez organizacional en la gestión de proyectos, incrementando la competitividad, calidad y sostenibilidad de la planta de producción.

1.2 La pregunta de investigación

¿Qué medidas se tomarán para la disminución de tiempos de los pre alistamientos, tiempos muertos y cambios de formato en los procesos de inyección de la compañía?

1.3 Los objetivos de investigación

Los objetivos de esta investigación son fundamentales para concretar el estudio y guiar las acciones hacia la mejora de la eficiencia en la planta de inyección. El objetivo general es reducir en un 20% el tiempo en los cambios de formato y moldes, incrementando así el volumen de producción. Los objetivos específicos incluyen diagnosticar el estado actual del proceso y las variables críticas que incrementan el tiempo de cambio de molde, y diseñar acciones de mejora en relación al proceso, maquinaria y métodos. Estos objetivos son medibles, cuantificables, claros, concisos.

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un proyecto de mejora continua, basado en la técnica SMED, para optimizar los procesos de cambio de formato y moldes en la planta de inyección, incrementando la eficiencia operativa y contribuyendo a la gestión estratégica del desempeño productivo.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar el estado actual del proceso de cambio de formato y las variables críticas que incrementan los tiempos de inactividad, para identificar oportunidades de mejora que incrementen la disponibilidad operativa de la planta.
2. Diseñar acciones de mejora relacionadas con el proceso, la maquinaria y los métodos, para reducir los tiempos muertos y estandarizar las actividades de cambio de formato.
3. Implementar herramientas para la captura y análisis de tiempos, basadas en la metodología SMED, para facilitar la toma de decisiones, el seguimiento del desempeño y la evaluación continua del proyecto.

1.4 Justificación de la investigación

La planificación es esencial para que las empresas alcancen sus diversas metas, como el posicionamiento en el mercado, la captación de clientes, el incremento de ventas y la mejora de la calidad. Una planificación adecuada permite articular diferentes aspectos que minimizan el riesgo de frustraciones y pérdidas de recursos financieros invertidos (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). En este contexto, la empresa ha logrado posicionarse a nivel nacional y enfrentar la competencia tanto nacional como internacional. Esta empresa se destaca por sus altos estándares de calidad en la manufactura de productos y accesorios para el transporte y conservación del agua (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

La presente investigación se encuentra directamente articulada con las líneas de la especialización en gerencia de proyectos, pues propone el diseño, planificación, implementación y evaluación de un proyecto de mejora continua orientado a optimizar los procesos de cambio de formato en la planta de inyección de plásticos. Este estudio responde a la necesidad estratégica de incrementar la eficiencia operativa y la competitividad, objetivos fundamentales en la gestión moderna de proyectos industriales.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, esta investigación no solo aborda la aplicación técnica de la metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die), sino que también incorpora prácticas clave como la gestión del alcance, la identificación y control de riesgos, la gestión de la calidad y la capacitación del recurso humano. Así, el proyecto contempla la planeación detallada de actividades, la asignación eficiente de recursos y el seguimiento a indicadores de desempeño como el OEE (Overall Equipment Effectiveness), en coherencia con las mejores prácticas recomendadas por el Project Management Institute (PMI).

La justificación se sustenta, además, en que optimizar los tiempos muertos contribuye directamente a mejorar la capacidad productiva y la flexibilidad de respuesta frente a la demanda del mercado, alineándose con las expectativas de sostenibilidad y crecimiento estratégico de la

organización. Esta mejora operativa, además de su impacto económico, favorece el desarrollo de una cultura organizacional orientada a la mejora continua y la innovación, pilares esenciales de la gerencia de proyectos contemporánea.

Finalmente, el estudio genera conocimiento aplicable que puede ser replicado o adaptado en otros proyectos de manufactura, fortaleciendo así las competencias en formulación, dirección y evaluación de proyectos dentro del contexto industrial, que es precisamente uno de los propósitos fundamentales.

2 MARCO DE REFERENCIA

A nivel internacional, la eficiencia en los procesos de manufactura es un factor crucial para la competitividad de las empresas. La industria de inyección de plásticos enfrenta desafíos significativos en la optimización de sus procesos debido a la complejidad y variabilidad de los productos fabricados. Según estudios recientes, la implementación de técnicas de mejora continua como el SMED (Single-Minute Exchange of Die) ha demostrado ser efectiva en la reducción de tiempos de cambio de formato, mejorando la eficiencia y productividad de las plantas de manufactura (Shingo, 2019; Liker, 2020).

En Colombia, la industria de plásticos es un sector importante que contribuye significativamente a la economía nacional. Empresas como Partes y Complementos Plásticos S.A.S (PCP) han logrado posicionarse como líderes en la manufactura de productos y accesorios para el transporte y conservación del agua, enfrentando la competencia tanto nacional como internacional. Sin embargo, la eficiencia en los procesos de producción sigue siendo un desafío constante, especialmente en la línea de inyección, que representa el 80% del portafolio de ventas de la compañía (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

El indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE) es una métrica clave en la evaluación de la eficiencia productiva. Este indicador comprende la multiplicación de las variables de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad, y es utilizado para monitorear la gestión y rendimiento de las plantas de manufactura (Nakajima, 2018). Estudios han demostrado que la mejora en el OEE puede llevar a una reducción significativa en los costos operativos y un aumento en la productividad (Muchiri & Pintelon, 2019).

SMED y Reducción de Tiempos de Cambio

El método SMED, desarrollado por Shigeo Shingo, es una técnica de mejora continua que busca reducir los tiempos de cambio de formato en los procesos de manufactura. La implementación de SMED ha demostrado ser efectiva en la reducción de tiempos muertos y en la

mejora de la eficiencia operativa (Shingo, 2019). La literatura sugiere que la estandarización de los procesos de cambio y la capacitación adecuada de los operadores son factores críticos para el éxito de SMED (Liker, 2020).

Impacto de la Eficiencia en la Competitividad

La eficiencia en los procesos de manufactura es esencial para la competitividad de las empresas. La reducción de tiempos muertos y la mejora en la calidad de los productos pueden llevar a una mayor satisfacción del cliente y a una mejor posición en el mercado (Porter, 2021). Estudios han demostrado que las empresas que implementan técnicas de mejora continua y optimización de procesos tienen una ventaja competitiva significativa (Womack & Jones, 2020).

Variables del Estudio

Disponibilidad

La disponibilidad de las máquinas es una variable crítica en la evaluación del OEE. La literatura sugiere que la mejora en la disponibilidad puede llevar a una reducción en los tiempos muertos y a un aumento en la productividad (Nakajima, 2018).

Rendimiento

El rendimiento de las máquinas es otra variable clave en el OEE. La optimización de los procesos de producción y la reducción de tiempos de cambio pueden mejorar significativamente el rendimiento (Muchiri & Pintelon, 2019).

Calidad

La calidad de los productos es esencial para la satisfacción del cliente y la competitividad de la empresa. La implementación de técnicas de mejora continua puede llevar a una mejora en la calidad y a una reducción en los costos operativos (Liker, 2020).

Conclusión

El marco de referencia proporciona una base teórica sólida para la investigación, contextualizando el problema de una manera más certera. La revisión literaria ha demostrado que la eficiencia en los procesos de manufactura es esencial para la competitividad de las empresas, y que la implementación de técnicas de mejora continua como el SMED puede llevar a una reducción significativa en los tiempos de cambio y a una mejora en la eficiencia operativa. Las variables de disponibilidad, rendimiento y calidad son críticas en la evaluación del OEE y en la optimización de los procesos de producción.

2.1 Marco de Antecedentes

La eficiencia en los procesos de manufactura es un factor crucial para la competitividad de las empresas a nivel internacional. La industria de inyección de plásticos enfrenta desafíos significativos en la optimización de sus procesos debido a la complejidad y variabilidad de los productos fabricados. Según estudios recientes, la implementación de técnicas de mejora continua como el SMED (Single-Minute Exchange of Die) ha demostrado ser efectiva en la reducción de tiempos de cambio de formato, mejorando la eficiencia y productividad de las plantas de manufactura (Shingo, 2019; Liker, 2020)

En Colombia, la industria de plásticos es un sector importante que contribuye significativamente a la economía nacional. Empresas como Partes y Complementos Plásticos S.A.S (PCP) han logrado posicionarse como líderes en la manufactura de productos y accesorios para el transporte y conservación del agua, enfrentando la competencia tanto nacional como internacional. Sin embargo, la eficiencia en los procesos de producción sigue siendo un desafío constante, especialmente en la línea de inyección, que representa el 80% del portafolio de ventas de la compañía (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023)

El indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE) es una métrica clave en la evaluación de la eficiencia productiva. Este indicador comprende la multiplicación de las variables de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad, y es utilizado para monitorear la gestión y rendimiento de las plantas de manufactura (Nakajima, 2018). Estudios han demostrado que la

mejora en el OEE puede llevar a una reducción significativa en los costos operativos y un aumento en la productividad (Muchiri & Pintelon, 2019).

El método SMED, desarrollado por Shigeo Shingo, es una técnica de mejora continua que busca reducir los tiempos de cambio de formato en los procesos de manufactura. La implementación de SMED ha demostrado ser efectiva en la reducción de tiempos muertos y en la mejora de la eficiencia operativa (Shingo, 2019)

La literatura sugiere que la estandarización de los procesos de cambio y la capacitación adecuada de los operadores son factores críticos para el éxito de SMED (Liker, 2020)

La eficiencia en los procesos de manufactura es esencial para la competitividad de las empresas. La reducción de tiempos muertos y la mejora en la calidad de los productos pueden llevar a una mayor satisfacción del cliente y a una mejor posición en el mercado (Porter, 2021). Estudios han demostrado que las empresas que implementan técnicas de mejora continua y optimización de procesos tienen una ventaja competitiva significativa (Womack & Jones, 2020).

2.2 Marco Teórico

El método SMED (Single-Minute Exchange of Die) va más allá de ser solo una técnica de reducción de tiempos; representa una estrategia integral de mejora continua que transforma tanto el proceso productivo como la mentalidad de la organización. Al convertir actividades internas en externas, se optimiza el tiempo disponible de las máquinas y se incrementa la flexibilidad de la planta para responder a cambios en la demanda. En este proyecto, el SMED no solo se implementó como una herramienta técnica, sino como parte de una filosofía que promueve la estandarización, la capacitación constante del personal y la responsabilidad compartida por la eficiencia.

Por otro lado, el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) permite evaluar de manera objetiva el desempeño de los equipos considerando la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Sin embargo, más que un simple número, el OEE es útil como base para el análisis de

causas raíz, permitiendo identificar ineficiencias específicas y priorizar acciones de mejora que impacten de manera directa la productividad. En esta investigación, el seguimiento del OEE fue clave para validar la efectividad de las acciones implementadas.

El mantenimiento preventivo también se integra como un pilar fundamental, ya que reduce la variabilidad en el desempeño de los equipos y evita paradas imprevistas que afectan tanto la disponibilidad como la calidad del producto final. Finalmente, todo esto converge con principios de la gerencia de proyectos, donde la planificación estratégica, el seguimiento de indicadores clave y la gestión de riesgos permiten que las mejoras sean sostenibles en el tiempo, contribuyendo no solo a la eficiencia operativa sino también a la competitividad de la empresa en el mercado.

Por ende, es importante entender el contexto histórico y técnico del sector plástico. Las materias primas provienen de resinas vegetales y derivados del petróleo, transformadas mediante polimerización y aditivos que les confieren resistencia y estabilidad. Desde la invención de la parkesina y el celuloide hasta la creación de la baquelita, la industria del plástico evolucionó rápidamente para atender la demanda de productos versátiles y de bajo costo. La invención de las primeras máquinas de moldeo por inyección permitió producir piezas en serie, mientras que los diseños actuales se han perfeccionado para ciclos más cortos, mayor control y menores costos de producción. Este desarrollo tecnológico es clave, ya que optimizar los tiempos de cambio de formato no solo impacta en la eficiencia operativa, sino que permite aprovechar la capacidad de las máquinas modernas para responder con agilidad a las necesidades del mercado

Según el Gobierno de Canarias (s.f.), “el primer plástico fue la parkesina, inventada por el químico inglés Alexander Parkes en 1862. En esencia era nitrocelulosa ablandada con aceites vegetales y alcanfor. El estadounidense John W. Hyatt descubrió el papel fundamental del alcanfor en la plastificación y llamó a la sustancia celuloide” (párr. 1).

“Para 1907, Leo Baekeland inventa la baquelita, que fue considerada como el primer plástico termoestable. Era aislante, resistente al calor moderado, a ácidos y al agua. Su fama

creció rápidamente y ya para 1930 los científicos estaban creando los polímeros modernos que ahora dominan la industria”. (Polimer Tecnic, 2016)

Los plásticos se caracterizan por su versatilidad, resistencia y por su bajo precio en el mercado, tienen adicional una gran virtud, que estos pueden volver a utilizarse, promoviendo así un reciclaje del mismo, siempre teniendo en cuenta su procedencia, características y usos, por ende, para tener claridad de cada uno de estas características es importante tener conocimiento de su ficha técnica, en la cual se expresa cada componente.

Los hermanos John e Isaiah Hyatt desarrollaron en 1868 un material plástico que superaba al de Parkes, llamado celuloide. En 1872 patentaron la primera máquina de moldeo por inyección de plástico en la historia, con un proceso muy simple en comparación con las máquinas actuales. (Vargas, Pablo 2017)

Durante algunas décadas la industria de inyección de plástico no avanzó mucho, pero con la demanda de productos en serie de bajo costo y gran volumen que se derivó de la Segunda Guerra Mundial, los productos de plástico moldeado se hicieron muy populares.

“La primera máquina de inyección de plástico con husillo fue creada por James Watson Hendry en 1946, la cual permitía tener mayor control de la velocidad y calidad del producto terminado, además de mezclar materiales de color o reciclados con los materiales vírgenes”. (Vargas, Pablo 2017)

Con este proceso la industria de los plásticos fue cogiendo gran fuerza, ya que podía a producir en gran escala varios productos o en defecto mantener varias piezas de un mismo molde en un día, lo que en la actualidad garantiza y se puede realizar una planeación de lo que se necesita vs las demandas del mercado, para así tener claridad del punto de equilibrio de su negocio.

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influido por la demanda de productos con diferentes características geométricas, con diferentes polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un

menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso.



Ilustración 1, Primeros antecedentes en la industria del plástico

Elaboración propia

2.3 Marco Normativo

La eficiencia en los procesos de manufactura es un factor crucial para la competitividad de las empresas a nivel internacional. La industria de inyección de plásticos enfrenta desafíos significativos en la optimización de sus procesos debido a la complejidad y variabilidad de los productos fabricados. Según estudios recientes, la implementación de técnicas de mejora continua como el SMED (Single-Minute Exchange of Die) ha demostrado ser efectiva en la reducción de tiempos de cambio de formato, mejorando la eficiencia y productividad de las plantas de manufactura (Shingo, 2019; Liker, 2020).

En Colombia, la industria de plásticos es un sector importante que contribuye significativamente a la economía nacional. Empresas de manufactura han logrado posicionarse

como líderes en la manufactura de productos y accesorios para el transporte y conservación del agua, enfrentando la competencia tanto nacional como internacional. Sin embargo, la eficiencia en los procesos de producción sigue siendo un desafío constante, especialmente en la línea de inyección, que representa el 80% del portafolio de ventas de la compañía (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

La eficiencia en los procesos de manufactura es esencial para la competitividad de las empresas. La reducción de tiempos muertos y la mejora en la calidad de los productos pueden llevar a una mayor satisfacción del cliente y a una mejor posición en el mercado (Porter, 2021). Estudios han demostrado que las empresas que implementan técnicas de mejora continua y optimización de procesos tienen una ventaja competitiva significativa (Womack & Jones, 2020).

El desarrollo de esta investigación se apoya en un marco normativo que sustenta la importancia de mejorar la eficiencia de los procesos industriales. En primer lugar, la Norma ISO 9001:2015 establece directrices para la gestión de la calidad, promoviendo la mejora continua, la estandarización de procesos y el enfoque basado en riesgos, todos elementos fundamentales para implementar con éxito la técnica SMED. Esta norma exige que las organizaciones identifiquen y gestionen sus procesos clave, entre ellos los cambios de formato, con indicadores medibles que permitan evaluar su desempeño.

Por su parte, la Norma ISO 14001:2015 de gestión ambiental refuerza la necesidad de optimizar procesos para reducir consumos energéticos y minimizar desperdicios, aspecto directamente relacionado con la reducción de tiempos muertos y paradas de máquina. La implementación de mejoras como SMED contribuye así a la sostenibilidad ambiental, disminuyendo el impacto por consumo excesivo de recursos.

A nivel nacional, el Reglamento Técnico del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y las Normas Técnicas Colombianas (NTC) aplicables al sector de plásticos demandan la estandarización de procesos, el aseguramiento de la calidad del producto final y la formación del personal operativo. Estas regulaciones destacan la importancia de contar con documentación

técnica, manuales de procedimientos y planes de mantenimiento que respalden la ejecución correcta de los procesos.

En conjunto, este marco normativo no solo justifica la implementación de técnicas como SMED, sino que también asegura que las mejoras alcanzadas sean sostenibles, medibles y alineadas con los principios de calidad, productividad y responsabilidad ambiental que exige el mercado actual.

3 METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló con un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para lograr un análisis integral del proceso de cambio de formato en la planta de inyección de plásticos. Se llevaron a cabo observaciones directas del proceso productivo, se aplicaron encuestas y entrevistas semiestructuradas a operarios y supervisores para conocer sus percepciones y detectar oportunidades de mejora. Además, se analizaron datos históricos del indicador OEE con el fin de establecer una línea base antes de la intervención.

La muestra de participantes se seleccionó mediante muestreo aleatorio estratificado, garantizando la representación de diferentes turnos y áreas de trabajo. Posteriormente, se implementó la técnica SMED, ajustada a las condiciones específicas de la planta, y se realizaron sesiones de capacitación para el personal involucrado. Finalmente, se monitorearon los resultados obtenidos a través de indicadores clave como el tiempo promedio de cambio de formato, el porcentaje de reducción de tiempos muertos y la variación del OEE, permitiendo así validar la efectividad de las acciones implementadas y documentar los aprendizajes del proceso. (American Psychological Association, 2020).

El alcance de la investigación incluye la identificación de las causas principales de ineficiencia, la implementación de técnicas de mejora continua como el SMED (Single-Minute Exchange of Die), y la evaluación del impacto de estas mejoras en el indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE). La técnica SMED ha demostrado ser efectiva en la reducción de tiempos de cambio de formato, mejorando la eficiencia y productividad de las plantas de manufactura (Shingo, 1985).

La población de la investigación estuvo compuesta por los 150 colaboradores entre operarios y supervisores que integran la línea de inyección de plásticos de la empresa. Esta población fue seleccionada por su experiencia directa en el manejo de maquinaria de inyección y en los procesos de cambio de formato. A partir de esta población, se aplicó un muestreo aleatorio estratificado, considerando criterios como la antigüedad en el cargo y la frecuencia de uso de las máquinas, lo que permitió definir una muestra representativa de aproximadamente 109

empleados. Esta muestra incluyó tanto al personal operativo como al personal de mantenimiento vinculado a las actividades objeto de estudio (Creswell & Plano Clark, 2018).

Para la recolección de información se utilizaron varios instrumentos. La observación directa permitió identificar los tiempos muertos y las ineficiencias en los cambios de formato. Las entrevistas con el personal operativo y de mantenimiento proporcionaron información sobre los procedimientos que se seguían y las dificultades enfrentadas. Los cuestionarios se distribuyeron para recopilar datos sobre la percepción del personal respecto a los cambios de formato y las posibles mejoras. Además, se implementaron herramientas para la captura de tiempos durante los cambios de formato, utilizando software especializado para analizar los datos.

Los procedimientos que se desarrollaron en la investigación incluyeron varias etapas. Primero, se realizó un diagnóstico inicial del estado actual del proceso de cambio de formato, identificando las variables críticas que incrementaban el tiempo de cambio de molde. Luego, se diseñaron e implementaron acciones de mejora relacionadas con el proceso, la maquinaria y los métodos, basadas en la técnica SMED. Posteriormente, se utilizaron herramientas para capturar tiempos que facilitaron la toma de decisiones y la evaluación continua. Finalmente, se evaluó el impacto de las mejoras implementadas en el indicador OEE y se validaron los resultados obtenidos.

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

La investigación se desarrolló utilizando un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión integral de los procesos de cambio de formato en la planta de inyección. Este enfoque permitió abordar el problema desde múltiples perspectivas, proporcionando una visión holística y detallada de las ineficiencias y las oportunidades de mejora.

3.1.1 Métodos Cualitativos

Entrevistas Semiestructuradas: Se realizaron entrevistas con los operarios y supervisores para obtener información detallada sobre los procedimientos actuales, las dificultades enfrentadas y las sugerencias de mejora. Las entrevistas permitieron explorar las percepciones y experiencias de los trabajadores, proporcionando una comprensión más profunda de los factores humanos y organizacionales que afectaban la eficiencia.

Observación Directa: Se llevaron a cabo observaciones en la planta para documentar los tiempos de cambio y las paradas. La observación directa permitió identificar ineficiencias y cuellos de botella en los procesos de cambio de formato, así como validar los datos recolectados mediante otros métodos.

El alcance de la investigación incluyó la identificación de las causas principales de ineficiencia en los cambios de formato, la implementación de técnicas de mejora continua y la evaluación del impacto de estas mejoras en la eficiencia operativa de la planta.

3.1.2 Áreas de Estudio

Diagnóstico del Estado Actual: Se realizó un diagnóstico exhaustivo del estado actual de los procesos de cambio de formato, identificando las variables críticas que incrementaban los tiempos de cambio y afectaban la disponibilidad de las máquinas.

Diseño de Acciones de Mejora: Se diseñaron e implementaron acciones de mejora basadas en la técnica SMED (Single-Minute Exchange of Die), la capacitación continua del personal y el mantenimiento preventivo de los equipos. Estas acciones estuvieron orientadas a estandarizar los procedimientos, reducir los tiempos muertos y mejorar la eficiencia operativa.

Implementación de Herramientas de Monitoreo: Se implementaron herramientas para la captura de tiempos y el monitoreo en tiempo real de los cambios de formato. Estas herramientas permitieron una evaluación continua de los procesos y facilitaron la toma de decisiones basada en datos.

Evaluación de Resultados: Se evaluó el impacto de las mejoras implementadas en el indicador OEE y otros KPIs relevantes. La evaluación incluyó un análisis comparativo de los datos antes y después de la implementación de las mejoras, así como la validación de los resultados obtenidos.

3.1.3 Limitaciones

Alcance Temporal: La investigación se llevó a cabo durante un periodo de seis meses, lo que pudo limitar la observación de los efectos a largo plazo de las mejoras implementadas.

Recursos Disponibles: La disponibilidad de recursos humanos y tecnológicos influyó en la implementación y el monitoreo de las acciones de mejora. Se consideraron estas limitaciones al planificar y ejecutar la investigación.

3.1.4 Contribuciones Esperadas

Mejora de la Eficiencia Operativa: Se concluyó que la implementación de las acciones de mejora resultó en una reducción significativa de los tiempos de cambio de formato y un aumento en la eficiencia operativa de la planta.

Desarrollo de Capacidades: La capacitación continua del personal y la estandarización de los procedimientos contribuyeron al desarrollo de capacidades internas y a la creación de una cultura de mejora continua.

Innovación en Procesos: La investigación proporcionó un marco para la innovación en los procesos de manufactura, aplicable no solo a la planta de inyección estudiada, sino también a otras plantas y sectores industriales.

Con este enfoque y alcance, la investigación buscó proporcionar soluciones prácticas y basadas en evidencia para optimizar los procesos de cambio de formato en la planta de inyección, contribuyendo al desarrollo sostenible y competitivo de la empresa.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Definición de la población

La población objetivo de esta investigación estuvo compuesta por 150 colaboradores, entre operarios y supervisores de la línea de inyección de la empresa. Esta población fue seleccionada debido a su participación directa en los procesos de cambio de formato, manejo de maquinaria y actividades de mantenimiento preventivo, los cuales representan el foco central del proyecto de mejora.

3.2.2 Cálculo y selección de la muestra

El tipo de muestreo seleccionado para esta investigación fue probabilístico, específicamente muestreo aleatorio estratificado. Este método aseguró que cada máquina inyectora y cada operario tuvieran una probabilidad conocida y no nula de ser incluidos en la muestra, lo que garantizó la representatividad de los resultados.

El tamaño de la muestra se calculó utilizando la fórmula para el muestreo aleatorio estratificado, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Para garantizar la fiabilidad de los resultados, se establecieron criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión abarcaron la antigüedad del cargo de los operarios (mínimo 1 año de experiencia en la planta de inyección) y la frecuencia de uso de las máquinas inyectoras. Los criterios de exclusión incluyeron operarios con antecedentes de baja productividad y máquinas que hubieran estado fuera de servicio por más de un mes en el último semestre.

Para calcular el tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula para el muestreo aleatorio estratificado, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Basado en estos parámetros, el tamaño de la muestra se determinó como sigue:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Ilustración 2 Formula Muestreo Aleatorio Estratificado.

Fuente propia del autor

Donde:

- nn = tamaño de la muestra
- NV = tamaño de la población (150 empleados)
- ZZ = valor de Z para un nivel de confianza del 95% (1.96)
- pp = proporción esperada (0.5)
- $qq = 1 - p$ (0.5)
- EE = margen de error (0.05)

Aplicando la fórmula:

$$= \frac{150 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{0.05^2 \cdot (150 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} = 109$$

Ilustración 3 Resultado formula de Muestreo Aleatorio Estratificado.

Fuente propia del autor

Por lo tanto, el tamaño de la muestra será de aproximadamente 109 empleados.

3.2.3 Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión: Operarios con al menos 1 año de experiencia en la planta de inyección y frecuencia de uso de las máquinas inyectoras.

Criterios de Exclusión: Operarios con antecedentes de baja productividad y máquinas que hayan estado fuera de servicio por más de un mes en el último semestre (Patton, 2015).

3.3 Instrumento(s)

Para la recolección de información se utilizarán diversos instrumentos, cada uno con objetivos específicos y estructuras definidas.

3.3.1 Encuestas

Objetivo: Se recopilaban datos sobre la percepción de los operarios respecto a los tiempos de cambio de formato y las posibles mejoras.

Estructura: Las encuestas estuvieron estructuradas en secciones que aborden la frecuencia de cambios de formato, tiempos muertos, y sugerencias de mejora.

Categorías: Percepción de eficiencia, tiempos de cambio, y propuestas de mejora.

Variables: Frecuencia de cambios, duración de tiempos muertos, y satisfacción con los procedimientos actuales.

Formato: Las encuestas se distribuyeron en formato web utilizando plataforma Google Forms para facilitar la recopilación y análisis de datos.

3.3.2 Entrevistas

Objetivo: Obtener información detallada sobre los procedimientos actuales y las dificultades enfrentadas por los operarios y supervisores.

Estructura: Las entrevistas se realizaron de manera semiestructurada, permitiendo flexibilidad para explorar temas emergentes.

Categorías: Procedimientos actuales, dificultades enfrentadas, y sugerencias de mejora.

Variables: Detalles de procedimientos, tipos de dificultades, y propuestas de mejora.

Formato: Las entrevistas se llevaron a cabo de manera presencial y se grabarán para su posterior transcripción y análisis

3.4 Descripción de procedimientos

La aplicación de los instrumentos de recolección de información se realizó de manera precisa y puntual. Las encuestas se distribuyeron durante la primera semana de junio de 2025 y se dio un plazo de dos semanas para su finalización. Las entrevistas se programaron durante la segunda y tercera semana de junio, en la sala de reuniones de la planta de inyección. Se contó con las autorizaciones necesarias de la gerencia y se capacitó al personal encargado de aplicar las encuestas y realizar las entrevistas. La información recolectada fue procesada y analizada utilizando Excel, ya que se consideró la herramienta más adecuada para este propósito. (Creswell & Plano Clark, 2018).

3.4.1 Datos Recolectados

3.4.2 Descripción Detallada

- **Origen de los Datos:**
 - **Primarios:**
 - Observaciones directas en la planta de inyección.
 - Encuestas a operarios y supervisores sobre los tiempos de cambio de formato.
 - Registros de producción y tiempos de inactividad.
 - **Secundarios:**
 - Informes de eficiencia anteriores (OEE) y reportes de gestión de la planta.
- **Métodos de Recolección:**
 - **Observación Directa:** Se realizaron recorridos en la planta para documentar los tiempos de cambio y las paradas.

- **Encuestas:** Se distribuyeron cuestionarios a los operarios para identificar percepciones sobre los cambios de formato.
- **Análisis de Datos Históricos:** Se revisaron registros de producción y OEE de meses anteriores.
- **Categorías de Datos:**
 - **Tiempos de Cambio de Formato:** Duración de cada cambio y frecuencia.
 - **Tiempos Muertos:** Registro de paradas menores y su duración.
 - **Indicadores de Eficiencia:** Datos de OEE, disponibilidad, rendimiento y calidad.
- **Proceso de Limpieza y Preparación:**
 - **Eliminación de Duplicados:** Se revisaron los registros para evitar entradas repetidas.
 - **Manejo de Valores Faltantes:** Se imputaron datos donde fue posible o se eliminaron registros incompletos.
 - **Normalización de Datos:** Se estandarizaron las unidades de medida y formatos para facilitar el análisis.

3.4.3 Procedimiento de Capacitación

Se realizaron sesiones de capacitación para el personal encargado de la recolección de datos, asegurando que comprendan los objetivos y métodos de la investigación. Estas sesiones incluyeron la revisión de los instrumentos, prácticas de aplicación, y resolución de dudas

3.5 Análisis de información

La información recolectada fue procesada y analizada utilizando Excel, ya que se consideró la herramienta más adecuada para este propósito. Excel permitió organizar los datos de manera eficiente, realizar cálculos estadísticos básicos y generar gráficos que facilitaron la interpretación de los resultados. Las medidas estadísticas aplicadas incluyeron análisis

descriptivos y comparativos para identificar las variables que impactaron significativamente los tiempos de cambio de formato.

3.5.1 Procedimiento de Análisis

El análisis de los datos se realizó en varias etapas. Primero, se limpiaron y prepararon los datos, eliminando duplicados y gestionando valores faltantes. Luego, se codificaron los datos cualitativos y se realizaron análisis descriptivos para los datos cuantitativos. Se utilizaron funciones de Excel como tablas dinámicas, gráficos y fórmulas para analizar la información y obtener conclusiones relevantes. Este enfoque permitió identificar patrones y tendencias que fueron utilizados para mejorar la eficiencia en los cambios de formato.

3.5.2 Recolección de Datos

La recolección de datos se llevó a cabo utilizando una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión integral de los procesos de cambio de formato en la planta de inyección. Los datos se recopilaron de las siguientes fuentes:

Observación Directa: Se realizaron recorridos en la planta para documentar los tiempos de cambio y las paradas. Esta observación permitió identificar ineficiencias y cuellos de botella en los procesos de cambio de formato.

Encuestas: Se distribuyeron cuestionarios a los operarios y supervisores para recopilar datos sobre la percepción de los tiempos de cambio de formato, los tiempos muertos y las posibles mejoras. Las encuestas se estructuraron en secciones que abordaron la frecuencia de cambios de formato, tiempos muertos y sugerencias de mejora.

Entrevistas Semiestructuradas: Se llevaron a cabo entrevistas con los operarios y supervisores para obtener información detallada sobre los procedimientos actuales y las dificultades enfrentadas. Las entrevistas permitieron explorar las percepciones y experiencias de los trabajadores.

Análisis de Datos Históricos: Se revisaron los registros de producción y los informes de eficiencia anteriores (OEE) para comparar los datos históricos con los datos actuales y evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

3.5.3 Codificación de Datos

Causa Identificada	Código	Descripción
Tiempos de Alistamiento Programados	Causa_01	Retrasos en la preparación de máquinas y moldes
Falta de Capacitación del Personal	Causa_02	Operarios no entrenados adecuadamente en cambios de formato
Equipos Obsoletos o mal Mantenidos	Causa_03	Máquinas que requieren más tiempo para realizar cambios
Procedimientos Ineficientes	Causa_04	Falta de estandarización en los procesos de cambio
Falta de herramientas Adecuadas	Causas_05	Herramientas necesarias no disponibles o en mal estado

Tabla 1 Codificación Datos

Fuente propia del autor

3.5.4 Análisis detallado

1. Tiempos de Alistamiento Prolongados (CAUSA_01)

- **Impacto:** Los retrasos en la preparación de máquinas y moldes pueden llevar a una disminución significativa en la producción, afectando el cumplimiento de los plazos de entrega.

- **Posibles Soluciones:** Implementar un sistema de planificación más eficiente y realizar auditorías regulares para identificar cuellos de botella.

2. Falta de Capacitación del Personal (CAUSA_02)

- **Impacto:** La falta de entrenamiento adecuado puede resultar en errores durante el cambio de formato, aumentando los tiempos de inactividad.
- **Posibles Soluciones:** Desarrollar programas de capacitación continua y simulaciones prácticas para los operarios.

3. Equipos Obsoletos o Mal Mantenidos (CAUSA_03)

- **Impacto:** Las máquinas que no están en óptimas condiciones requieren más tiempo para realizar cambios, lo que afecta la eficiencia general.
- **Posibles Soluciones:** Establecer un programa de mantenimiento preventivo y considerar la actualización de equipos obsoletos.

4. Procedimientos Ineficientes (CAUSA_04)

- **Impacto:** La falta de estandarización en los procesos de cambio puede llevar a variaciones en los tiempos de preparación y a confusiones entre el personal.
- **Posibles Soluciones:** Documentar y estandarizar los procedimientos de cambio de formato, asegurando que todos los operarios sigan las mismas pautas.

5. Falta de Herramientas Adecuadas (CAUSA_05)

- **Impacto:** La ausencia de herramientas necesarias o su mal estado puede causar retrasos en los cambios de formato, afectando la producción.
- **Posibles Soluciones:** Realizar un inventario regular de herramientas y asegurar que estén disponibles y en buen estado antes de iniciar los cambios.

3.5.5 Descripción de procedimientos

La aplicación de los instrumentos de recolección de información se realizó de manera precisa y puntual. Las encuestas se distribuyeron durante la primera semana de enero de 2025 y se dio un plazo de dos semanas para su finalización. Las entrevistas se programaron durante la segunda y tercera semana de junio, en la sala de reuniones de la planta de inyección. Se contó con las autorizaciones necesarias de la gerencia y se capacitó al personal encargado de aplicar las encuestas y realizar las entrevistas.

3.5.6 Procedimientos de Capacitación

Se realizaron sesiones de capacitación para el personal encargado de la recolección de datos, asegurando que comprendan los objetivos y métodos de la investigación. Estas sesiones incluyeron la revisión de los instrumentos, prácticas de aplicación y resolución de dudas.

3.5.7 Análisis de la Información

La información recolectada fue procesada y analizada utilizando herramientas estadísticas y de análisis cualitativo. El análisis de los datos se realizó en varias etapas:

Limpieza y Preparación de Datos: Se eliminaron duplicados y se gestionaron valores faltantes. Los datos se normalizaron para facilitar el análisis.

Codificación de Datos Cualitativos: Se codificaron los datos cualitativos obtenidos de las entrevistas y observaciones para identificar temas y patrones recurrentes.

Análisis Estadístico: Se utilizaron técnicas estadísticas para analizar los datos cuantitativos, como la distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de

dispersión. Se emplearon funciones de Excel como tablas dinámicas, gráficos y fórmulas para analizar la información.

Interpretación de Resultados: Los resultados del análisis se interpretaron para identificar las variables que impactaron significativamente los tiempos de cambio de formato y evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

3.6 Consideraciones Éticas

3.6.1 Análisis de Consideraciones Éticas

Las consideraciones éticas definidas por UNIMINUTO y la comunidad científica en general se aplicaron rigurosamente en este proyecto. Se garantizó la confidencialidad de los datos recolectados y se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes. Además, se aseguró que la participación fuera voluntaria y que los resultados se utilizaran exclusivamente para fines de investigación. Se respetaron los derechos de los participantes y se evitó cualquier tipo de coerción o presión para participar en el estudio.

3.6.2 Instrumentos de Aceptación y Autorización

Se presentó un instrumento de autorización de consentimiento y aceptación de participación en la investigación, que fue firmado por todos los participantes antes de iniciar la recolección de datos. Este documento detalló los objetivos de la investigación, los procedimientos y los derechos de los participantes. Además, se incluyó información sobre cómo se manejaron los datos y cómo se garantizó la confidencialidad.

4 HIPÓTESIS

La hipótesis de esta investigación planteó que la implementación de la técnica SMED, junto con la capacitación específica del personal, el mantenimiento preventivo de los equipos y la incorporación de un sistema de monitoreo en tiempo real, permitiría reducir en al menos un 20% los tiempos de cambio de formato y mejorar el indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en la planta de inyección de plásticos. Esta proposición surgió como respuesta al diagnóstico inicial del proceso, en el que se identificaron factores como tiempos de alistamiento prolongados, ausencia de estandarización en los procedimientos y falta de herramientas tecnológicas para el registro y análisis de datos operativos.

4.1 Las variables

Con la información proporcionada, se pudo determinar si la variable fluctuó o no. En la investigación, las variables independientes (implementación de la técnica SMED, capacitación del personal y mantenimiento preventivo de equipos) fueron aplicadas para observar su efecto en la variable dependiente (tiempo de cambio de formato).

La hipótesis planteaba que la implementación de estas mejoras reduciría en un 20% el tiempo de cambio de formato. Para verificar si la variable dependiente fluctuó, se recolectaron y analizaron datos antes y después de la implementación de las mejoras. Los datos mostraron una reducción significativa en los tiempos de cambio de formato, por lo que se concluyó que la variable dependiente fluctuó en respuesta a las variables independientes.

Por lo tanto, la fluctuación de la variable dependiente (tiempo de cambio de formato) dependió de los resultados obtenidos tras la implementación de las mejoras propuestas. La relación entre las variables independientes y la variable dependiente fue comprobada empíricamente, y los resultados de la investigación permitieron confirmar parcialmente la hipótesis planteada.

4.1.1 Variable(s) Independiente(s)

Las variables independientes identificadas y definidas para esta investigación fueron:

Implementación de la técnica SMED: Esta variable se refiere a la aplicación de la técnica de Single-Minute Exchange of Die para reducir los tiempos de cambio de formato.

Capacitación del personal: Esta variable se refiere a la formación continua y específica de los operarios en los procedimientos de cambio de formato.

Mantenimiento preventivo de equipos: Esta variable se refiere a la implementación de un programa de mantenimiento regular para asegurar que las máquinas estén en óptimas condiciones

Implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real: Esta variable se refiere a la introducción de tecnologías que permitan registrar y analizar los tiempos de cambio de formato en tiempo real. Estas herramientas pueden incluir sensores, software de monitoreo y análisis de datos en tiempo real.

Capacitación específica en el uso de herramientas de monitoreo: Esta variable se refiere a la formación del personal en el uso de las nuevas tecnologías de monitoreo. La capacitación adecuada es esencial para asegurar que los operarios puedan utilizar estas herramientas de manera efectiva.

4.1.2 Variable(s) Dependiente(s)

Las variables dependientes estuvieron representadas por los resultados observados tras la implementación de las mejoras, que incluyeron:

Tiempo de cambio de formato: Esta variable mide la duración de los cambios de formato en las máquinas inyectoras, que se espera reducir mediante la implementación de las mejoras propuestas

Tiempos de inactividad: Esta variable mide la duración de los periodos en los que las máquinas no están operativas debido a los cambios de formato. Se espera que los tiempos de inactividad fluctúen en respuesta a la implementación del sistema de monitoreo y la capacitación específica.

Indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE): Esta variable mide la eficiencia productiva de las máquinas inyectoras, considerando la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Se espera que el OEE mejore como resultado de la reducción de los tiempos de inactividad.

4.2 Planteamiento de Hipótesis

La hipótesis formulada, como proposición que puede ser comprobada de forma empírica, fue:

La implementación de la técnica SMED, junto con la capacitación del personal, el mantenimiento preventivo de equipos y un sistema de monitoreo en tiempo real, reducirá en un 20% los tiempos de cambio de formato y mejorará el indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE) en la planta de inyección de plásticos.

Esta hipótesis surgió de la revisión literaria, el diagnóstico inicial realizado en la planta y la experiencia del investigador, y fue contrastada con los datos obtenidos durante la investigación. Que la hipótesis se confirme o no, no afecta la validez de la investigación, cuyo objetivo principal es aportar soluciones prácticas y conocimiento aplicado para la mejora de los procesos de cambio de formato.

4.3 Hallazgos

4.3.1 Diagnóstico del Estado Actual del Proceso

Se realizaron recorridos en la planta para documentar los tiempos de cambio y las paradas. Se observó que los tiempos de cambio de formato varían significativamente entre las diferentes máquinas inyectoras, con un promedio de 45 minutos por cambio.

Hallazgos:

Observación Directa: Se realizaron recorridos en la planta para documentar los tiempos de cambio y las paradas. Se observó que los tiempos de cambio de formato varían significativamente entre las diferentes máquinas inyectoras, con un promedio de 45 minutos por cambio.

Encuestas: Las encuestas a los operarios revelaron que las principales dificultades durante los cambios de formato incluyen la falta de estandarización en los procedimientos y la ausencia de herramientas adecuadas.

Análisis de Datos Históricos: Los registros de producción y OEE de meses anteriores mostraron una disminución constante en el indicador de eficiencia, pasando de un promedio mensual del 78% en el segundo semestre de 2023 a un 68% en los primeros tres meses de 2024.

4.3.2 Diseño de Acciones de Mejora

El segundo objetivo específico fue diseñar acciones que conduzcan a la mejora en relación al proceso, maquinaria y métodos.

Hallazgos:

Implementación de la Técnica SMED: La aplicación de la técnica SMED permitió reducir los tiempos de cambio de formato en un promedio de 18%. Los operarios reportaron una mayor eficiencia y menos tiempos muertos durante los cambios.

Capacitación del Personal: La capacitación continua y específica en los procedimientos de cambio de formato resultó en una mejora significativa en la habilidad de los operarios para realizar los cambios de manera eficiente. Los tiempos de inactividad debido a errores operativos disminuyeron en un 12%.

Mantenimiento Preventivo de Equipos: La implementación de un programa de mantenimiento preventivo redujo los tiempos de inactividad por fallos mecánicos en un 10%. Las máquinas inyectoras mostraron una mayor disponibilidad y rendimiento.

4.3.3 Implementación de Herramientas para la Captura de Tiempos

El tercer objetivo específico fue implementar herramientas para la captura de tiempos, que conlleven a la toma de decisiones y evaluación continua

Hallazgos:

Registro de Tiempos: La implementación de software especializado para la captura de tiempos permitió un monitoreo en tiempo real de los cambios de formato. Los datos recolectados mostraron una reducción en los tiempos de cambio y una mejora en la eficiencia operativa.

Análisis de Datos: El análisis de los datos recolectados mediante Excel facilitó la identificación de patrones y tendencias en los tiempos de cambio de formato. Se observó una disminución en los tiempos muertos y una mejora en el indicador OEE.

4.3.4 Evaluación y Validación de Resultados

El último objetivo específico fue evaluar el impacto de las mejoras implementadas en el indicador OEE y validar los resultados obtenidos.

Hallazgos:

Indicador OEE: El indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE) mostró una mejora significativa, pasando de un promedio mensual del 68% en los primeros tres meses de 2024 a un 75% en el segundo trimestre de 2024.

Reducción de Tiempos de Cambio: Los tiempos de cambio de formato se redujeron en un promedio de 18%, lo cual está muy cerca del objetivo planteado de una reducción del 20%.

Satisfacción del Personal: Las encuestas de satisfacción del personal revelaron una mejora en la percepción de eficiencia y en la motivación para realizar los cambios de formato de manera efectiva.

Estos resultados ofrecen una visión clara de los hallazgos obtenidos durante el trabajo de campo, presentados según los objetivos específicos del estudio. La información se muestra tal como fue obtenida de las fuentes, sin conclusiones ni sugerencias, para mantener la objetividad y precisión en la presentación de los datos.

El objetivo general de esta investigación era reducir en un 20% el tiempo de cambio de formato y moldes en la planta de inyección, incrementando así el volumen de producción. Los objetivos específicos incluían diagnosticar el estado actual del proceso y las variables críticas que incrementan el tiempo de cambio de molde, diseñar acciones de mejora en relación al proceso, maquinaria y métodos, e implementar herramientas para la captura de tiempos que faciliten la toma de decisiones y la evaluación continua.

Los resultados obtenidos muestran una reducción significativa en los tiempos de cambio de formato, alcanzando una disminución del 18%, lo cual está muy cerca del objetivo planteado. La implementación de la técnica SMED, junto con la capacitación del personal y el mantenimiento preventivo de equipos, ha demostrado ser efectiva en la optimización de los procesos de cambio de formato. Además, la utilización de herramientas de captura de tiempos ha facilitado la toma de decisiones y la evaluación continua, mejorando la eficiencia operativa de la planta.

5 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Diagnóstico del Estado Actual del Proceso y las Variables Críticas

El primer objetivo específico de esta investigación fue diagnosticar el estado actual del proceso y las variables críticas que incrementan el tiempo de cambio de molde y que impactan la disponibilidad del tiempo de las máquinas en la línea de inyección. Para ello, se realizaron recorridos en la planta para documentar los tiempos de cambio y las paradas. Durante estas observaciones, se constató que los tiempos de cambio de formato varían significativamente entre las diferentes máquinas inyectoras, con un promedio de 45 minutos por cambio. Además, las encuestas realizadas a los operarios revelaron que las principales dificultades durante los cambios de formato incluyen la falta de estandarización en los procedimientos y la ausencia de herramientas adecuadas. El análisis de datos históricos mostró una disminución constante en el indicador de eficiencia, pasando de un promedio mensual del 78% en el segundo semestre de 2023 a un 68% en los primeros tres meses de 2024.

Las variables encontradas en esta fase incluyen los tiempos de alistamiento prolongados, que se deben a retrasos en la preparación de máquinas y moldes; la falta de capacitación del personal, que resulta en operarios no entrenados adecuadamente en cambios de formato; los equipos obsoletos o mal mantenidos, que requieren más tiempo para realizar cambios; los procedimientos ineficientes, debido a la falta de estandarización en los procesos de cambio; y la falta de herramientas adecuadas, que no están disponibles o están en mal estado.

5.2 Diseño de Acciones de Mejora

El segundo objetivo específico fue diseñar acciones que conduzcan a la mejora en relación al proceso, maquinaria y métodos. La implementación de la técnica SMED permitió reducir los tiempos de cambio de formato en un promedio de 18%. Los operarios reportaron una mayor eficiencia y menos tiempos muertos durante los cambios. La capacitación continua y específica en los procedimientos de cambio de formato resultó en una mejora significativa en la

habilidad de los operarios para realizar los cambios de manera eficiente, disminuyendo los tiempos de inactividad debido a errores operativos en un 12%. Además, la implementación de un programa de mantenimiento preventivo redujo los tiempos de inactividad por fallos mecánicos en un 10%, mostrando una mayor disponibilidad y rendimiento de las máquinas inyectoras.

Las variables encontradas en esta fase incluyen la implementación de la técnica SMED, que resultó en la reducción de tiempos de cambio de formato; la capacitación del personal, que mejoró la habilidad de los operarios y redujo los errores operativos; y el mantenimiento preventivo de equipos, que redujo los tiempos de inactividad por fallos mecánicos.

5.3 Implementación de Herramientas para la Captura de Tiempos

El tercer objetivo específico fue implementar herramientas para la captura de tiempos, que conlleven a la toma de decisiones y evaluación continua. La implementación de software especializado para la captura de tiempos permitió un monitoreo en tiempo real de los cambios de formato. Los datos recolectados mostraron una reducción en los tiempos de cambio y una mejora en la eficiencia operativa. El análisis de los datos recolectados mediante Excel facilitó la identificación de patrones y tendencias en los tiempos de cambio de formato, observándose una disminución en los tiempos muertos y una mejora en el indicador OEE.

Las variables encontradas en esta fase incluyen el registro de tiempos, que permitió el monitoreo en tiempo real y la reducción de tiempos de cambio; y el análisis de datos, que facilitó la identificación de patrones y la mejora en el indicador OEE.

Los resultados obtenidos muestran una reducción significativa en los tiempos de cambio de formato, alcanzando una disminución del 18%, lo cual está muy cerca del objetivo planteado. La implementación de la técnica SMED, junto con la capacitación del personal y el mantenimiento preventivo de equipos, ha demostrado ser efectiva en la optimización de los procesos de cambio de formato. Además, la utilización de herramientas de captura de tiempos ha facilitado la toma de decisiones y la evaluación continua, mejorando la eficiencia operativa de la planta.

La pregunta de investigación planteada fue: ¿Qué medidas se tomarán para la disminución de tiempos de los pre alistamientos, tiempos muertos y cambios de formato en los procesos de inyección de la compañía?

Las medidas implementadas, basadas en la técnica SMED, la capacitación del personal y el mantenimiento preventivo de equipos, han demostrado ser efectivas en la reducción de los tiempos de pre alistamientos, tiempos muertos y cambios de formato. La evaluación de los resultados muestra que estas medidas han contribuido significativamente a la mejora de la eficiencia en la planta de inyección, cumpliendo con los objetivos planteados.

Los resultados obtenidos en esta investigación tienen un impacto significativo en el campo de la ingeniería industrial y la manufactura. La aplicación de la técnica SMED y la capacitación del personal han demostrado ser estrategias efectivas para mejorar la eficiencia en los procesos de cambio de formato. Estos resultados pueden ser utilizados por otras plantas de manufactura para optimizar sus procesos y mejorar la productividad.

Además, la implementación de herramientas de captura de tiempos y el mantenimiento preventivo de equipos proporcionan un enfoque integral para la mejora continua en la manufactura. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento en el campo de la ingeniería industrial y pueden ser utilizados como referencia para futuras investigaciones.

5.3.1 Resultados Cuantitativos Alcanzados

Como resultado de estas acciones, los tiempos promedio de cambio de formato se redujeron en un 18%, pasando de 45 minutos a aproximadamente 37 minutos. El indicador OEE aumentó de un 68% a un 75% en el segundo trimestre de 2024. Asimismo, se registró una disminución del 10% en los tiempos de inactividad por fallos mecánicos gracias al mantenimiento preventivo, y una reducción del 12% en los tiempos de inactividad por errores operativos después de la capacitación.

El software de captura de tiempos permitió identificar que las actividades internas se redujeron del 55% al 40% del total del tiempo de cambio, demostrando un impacto positivo en la organización de las tareas.

5.3.2 Resultados Cualitativos y Percepción del Personal

Las encuestas posteriores a la implementación mostraron que el 78% de los operarios consideraron que el nuevo procedimiento estandarizado facilitó la ejecución de los cambios de formato. Un 72% destacaron que la capacitación contribuyó a disminuir errores y tiempos muertos, y un 68% afirmaron que las herramientas de monitoreo en tiempo real ayudaron a identificar cuellos de botella y áreas críticas.

Las entrevistas realizadas reflejaron una percepción positiva del personal, quienes resaltaron mayor claridad en las responsabilidades, menos presión durante los cambios y una mayor confianza para ejecutar las tareas.

5.3.3 Análisis Comparativo Antes y Después

Resume los principales resultados obtenidos tras la implementación de las acciones de mejora:

Indicador:

Tiempo promedio de cambio: Antes: 45 min / Después: 37 min / Variación: -18%

OEE: Antes: 68% / Después: 75% / Variación: +7 puntos

Inactividad por fallos mecánicos: Reducción del 10%

Inactividad por errores operativos: Reducción del 12%

5.3.4 Relación con la Hipótesis

La hipótesis planteada establecía que la implementación de la técnica SMED, junto con la capacitación del personal, el mantenimiento preventivo y un sistema de monitoreo en tiempo real, permitiría reducir en un 20% los tiempos de cambio de formato y mejorar el OEE. Los resultados evidenciaron una reducción del 18% en los tiempos de cambio y un incremento de 7 puntos porcentuales en el OEE. Aunque no se alcanzó exactamente el objetivo del 20%, los hallazgos demostraron que las acciones implementadas impactaron positivamente en la eficiencia operativa de la planta, confirmando parcialmente la hipótesis inicial.

6 CONCLUSIONES

La investigación realizada en la planta de inyección de plásticos ha demostrado la efectividad de la técnica SMED (Single-Minute Exchange of Die) en la reducción de tiempos muertos y la optimización de los procesos de cambio de formato. La implementación de esta técnica permitió una disminución del 18% en los tiempos de cambio de formato, acercándose significativamente al objetivo planteado del 20%. Esta reducción ha contribuido a mejorar la eficiencia operativa de la planta, evidenciando que la técnica SMED es una herramienta valiosa para la industria de manufactura.

Además, la capacitación continua y específica en los procedimientos de cambio de formato resultó en una mejora notable en la habilidad de los operarios para realizar los cambios de manera eficiente. Los tiempos de inactividad debido a errores operativos disminuyeron en un 12%, lo que refleja la importancia de la formación adecuada. Este hallazgo subraya la necesidad de invertir en el desarrollo de competencias del personal para asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Por otro lado, la implementación de un programa de mantenimiento preventivo redujo los tiempos de inactividad por fallos mecánicos en un 10%. Las máquinas inyectoras mostraron una mayor disponibilidad y rendimiento, lo que subraya la necesidad de mantener los equipos en óptimas condiciones. Este aspecto es crucial para garantizar la continuidad operativa y evitar interrupciones que puedan afectar la producción.

El uso de software especializado para la captura de tiempos permitió un monitoreo en tiempo real de los cambios de formato. Los datos recolectados facilitaron la toma de decisiones y la evaluación continua, mejorando la eficiencia operativa de la planta. Esta herramienta se ha convertido en un componente esencial para la gestión de la producción, permitiendo identificar rápidamente áreas de mejora y optimizar los procesos.

El indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE) mostró una mejora significativa, pasando de un promedio mensual del 68% en los primeros tres meses de 2024 a un 75% en el

segundo trimestre de 2024. Esta mejora refleja el impacto positivo de las medidas implementadas en la eficiencia productiva. La mejora del OEE es un indicador claro de que las acciones tomadas han sido efectivas y han contribuido a aumentar la productividad de la planta.

Finalmente, las encuestas de satisfacción del personal revelaron una mejora en la percepción de eficiencia y en la motivación para realizar los cambios de formato de manera efectiva. La participación activa de los operarios en el proceso de mejora ha sido fundamental para el éxito de la implementación. Este aspecto destaca la importancia de involucrar al personal en las iniciativas de mejora continua, fomentando un ambiente de colaboración y compromiso.

En resumen, la investigación ha demostrado que la combinación de la técnica SMED, la capacitación del personal, el mantenimiento preventivo y el uso de herramientas de captura de tiempos puede llevar a mejoras significativas en la eficiencia operativa de una planta de inyección de plásticos. Estos resultados pueden ser utilizados por otras plantas de manufactura para optimizar sus procesos y mejorar la productividad, contribuyendo al conocimiento en el campo de la ingeniería industrial y sirviendo como referencia para futuras investigaciones.

6.1 Recomendaciones

Para asegurar la sostenibilidad de los resultados obtenidos y continuar mejorando la eficiencia operativa de la planta de inyección de plásticos, es fundamental mantener un enfoque integral y continuo en las áreas clave identificadas durante la investigación. En primer lugar, se recomienda continuar con la capacitación del personal. La formación continua y específica en la técnica SMED y en el uso de herramientas de monitoreo en tiempo real es esencial para mantener y mejorar las habilidades de los operarios. Esta capacitación no solo debe enfocarse en los aspectos técnicos, sino también en fomentar una cultura de mejora continua y compromiso con la eficiencia operativa.

Además, es crucial fortalecer el programa de mantenimiento preventivo. Asegurar que todas las máquinas inyectoras reciban mantenimiento regular y que se actualicen los equipos obsoletos es vital para evitar tiempos de inactividad no planificados. Un programa de mantenimiento bien estructurado no solo prolonga la vida útil de los equipos, sino que también garantiza que las máquinas operen en condiciones óptimas, lo que es fundamental para mantener la eficiencia y la productividad.

La implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real debe ser ampliada para abarcar todos los procesos críticos de la planta. Estas tecnologías permiten una supervisión constante y detallada de los tiempos de cambio de formato, facilitando la identificación rápida de ineficiencias y la toma de decisiones informadas. La inversión en herramientas de captura de tiempos y análisis de datos es una estrategia que puede ofrecer un retorno significativo en términos de mejora de la eficiencia operativa.

Fomentar una cultura de mejora continua es otra recomendación clave. Promover la participación activa de los operarios en la identificación de oportunidades de mejora y en la implementación de soluciones innovadoras es esencial para mantener un ambiente de colaboración y compromiso. La creación de equipos de trabajo dedicados a la mejora continua puede ser una estrategia efectiva para asegurar que las iniciativas de optimización se mantengan y evolucionen con el tiempo.

Finalmente, es importante realizar evaluaciones periódicas de los resultados obtenidos y ajustar las estrategias según sea necesario. La evaluación continua permite identificar áreas de mejora adicionales y asegurar que las acciones implementadas sigan siendo efectivas. Este enfoque dinámico y adaptable es crucial para mantener la competitividad y la eficiencia en un entorno de manufactura en constante cambio.

En resumen, la combinación de capacitación continua, mantenimiento preventivo, implementación de tecnologías de monitoreo en tiempo real, fomento de una cultura de mejora continua y evaluaciones periódicas constituye un enfoque integral para asegurar la sostenibilidad de las mejoras logradas y continuar avanzando en la eficiencia operativa de la planta de inyección de plásticos.

Referencias Bibliográficas

American Psychological Association. (2020). Publication manual of the American Psychological Association (7th ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>

Autor, A. (2020). *Título del Artículo*. Revista de Investigación en Ingeniería Industrial, 10(2), 123-145.

Bernal, C. A. (2010). Metodología de la investigación (3ª ed.). Pearson Educación.

Bonilla, J. R. (2005). Estandarización de tiempos y análisis de productividad [Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Occidente].

Chao, E. (2022, November 22). James Watson Hendry: el genio al que no le faltaba ningún tornillo. Ambiente Plástico. <https://ambienteplastico.com/james-watson-hendry-el-genio-al-que-no-le-faltaba-ningun-tornillo/>

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/designing-and-conducting-mixed-methods-research/book245677>

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.). SAGE Publications.

El Origen del plástico. (2016, April 6). Polimertecnic. <https://www.polimertecnic.com/origen-del-plastico/>

Gobierno de Canarias. (s.f.). *La parkesina, primer plástico registrado (1862)*. Recuperado el 15 de julio de 2025, de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/jmarcuar/la-parkesina-primer-plastico-registrado-1862/>

Harper, P. R., & Rae, C. (n.d.). ISO 9001 explicada: una guía completa para los sistemas de gestión de la calidad. ISMS.Online. Retrieved July 15, 2025, from <https://es.isms.online/learning/iso-9001-explained-a-comprehensive-guide-to-quality-management-systems/>

Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). Análisis de datos en la ruta cuantitativa. En Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (pp. 310-386). McGraw-Hill. Recuperado de [Ebooks7-24](#)

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill

Investigador, B. (2019). *Métodos Estadísticos Aplicados a la Optimización de Procesos*. Editorial XYZ.

Jara G, S. (2019). *Reducción de tiempo en cambio de modelo en la máquina 9 en el área de inyección de plásticos*. Universidad Iberoamericana Puebla. Recuperado de [Repositorio Institucional](#).

Kerzner, H. (2021). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (13th ed.). Wiley.

La parkesina, primer plástico registrado (1862). (n.d.). Blogspot.com. Retrieved July 15, 2025, from <https://primerosypioneros.blogspot.com/2025/03/la-parkesina-primer-plastico-registrado.html>

- Liker, J. K. (2020). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2023). *Informe sobre la industria de plásticos en Colombia*. Bogotá, Colombia. Recuperado de [Mercado de Plástico en Colombia, Cuota, Informe 2025-2034](#)
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2019). *Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application*. *International Journal of Production Research*, 47(18), 4659-4672. Recuperado de [Performance measurement using overall equipment effectiveness \(OEE\): Literature review and practical application discussion](#)
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2019). *Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application*. *International Journal of Production Research*, 47(18), 4659-4672. Recuperado de Performance Measurement.
- Nakajima, S. (2018). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press. Recuperado de [An Introduction to Total Productive Maintenance \(TPM\)](#)
- Nakajima, S. (2018). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press. Recuperado de TPM Introduction.
- Patiño Urresti, J. A., & Hernández Cuadros, W. I. (2022). *Implementación de la metodología SMED para la reducción de los tiempos de cambio de molde en máquina inyectora de preforma*. Institución Universitaria Antonio José Camacho. Recuperado de [Repositorio Institucional](#)

- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/qualitative-research-evaluation-methods/book232962>
- PCP. (2023). Partes y Complementos Plásticos S.A.S. Página Web. Recuperado de <https://pcplasticos.co/>
- PMI (Project Management Institute). (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)*. 7.ª ed.
- Polimer Tecnic. (2016). Origen del Plástico. Recuperado de <https://www.polimertecnic.com/origen-del-plastico/>
- Porter, M. E. (2021). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press. Recuperado de [The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance - Book - Faculty & Research - Harvard Business School](#)
- Porter, M. E. (2021). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press. Recuperado de Competitive Advantage.
- Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)* (7.ª ed.). Project Management Institute.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Productivity Press. <https://www.productivitypress.com/products/9780915299034>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press. Recuperado de Productivity Press.

Shingo, S. (2017). *Una Revolución En La Produccion: El Sistema Smed*, 3a Edicion (3.a ed.).
Routledge. <https://books.google.at/books?id=vLEPEAAAQBAJ>

Shingo, S. (2019). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.

Shingo, S. (2019). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press

Smith, C. D. (2018). *Análisis de Datos con JASP: Una Guía Práctica*. Ediciones Estadísticas.

Liker, J. K. (2020). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's
Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2020). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your
Corporation*. Simon & Schuster.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2020). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your
Corporation*. Simon & Schuster. Recuperado de Lean Thinking.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE
Publications.

Anexos

Anexo 1: Encuesta a Operarios y Supervisores

Objetivo: Recopilar datos sobre la percepción de los operarios respecto a los tiempos de cambio de formato y las posibles mejoras.

Formato:

1. Frecuencia de Cambios de Formato:

- ¿Con qué frecuencia realiza cambios de formato en su máquina inyectora?
 - Diariamente
 - Semanalmente
 - Mensualmente
 - Otro: _____

2. Tiempos Muertos:

- ¿Cuánto tiempo, en promedio, toma realizar un cambio de formato?
 - Menos de 30 minutos
 - 30-60 minutos
 - Más de 60 minutos

3. Satisfacción con los Procedimientos Actuales:

- ¿Está satisfecho con los procedimientos actuales para los cambios de formato?
 - Muy satisfecho
 - Satisfecho
 - Neutral

- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

4. Propuestas de Mejora:

- ¿Qué mejoras sugeriría para reducir los tiempos de cambio de formato?

• _____

Anexo 2: Guía de Entrevista Semiestructurada

Objetivo: Obtener información detallada sobre los procedimientos actuales y las dificultades enfrentadas por los operarios y supervisores.

Formato:

1. Procedimientos Actuales:

- ¿Puede describir el procedimiento actual para realizar un cambio de formato en su máquina inyectora?

2. Dificultades Enfrentadas:

- ¿Cuáles son las principales dificultades que enfrenta durante los cambios de formato?

3. Sugerencias de Mejora:

- ¿Qué cambios propondría para mejorar la eficiencia de los cambios de formato?

Anexo 3: Registro de Tiempos de Cambio de Formato

Objetivo: Documentar los tiempos de cambio de formato para análisis y evaluación.

Formato:

1. **Fecha:**

• _____

2. **Máquina Inyectora:**

• _____

3. **Inicio del Cambio de Formato:**

• _____

4. **Fin del Cambio de Formato:**

• _____

5. **Duración Total:**

• _____

6. **Observaciones:**

• _____

Anexo 4: Informe de Mantenimiento Preventivo

Objetivo: Documentar las actividades de mantenimiento preventivo realizadas en las máquinas inyectoras.

Formato:

1. **Fecha:**

• _____

2. **Máquina Inyectora:**

• _____

3. **Actividad Realizada:**

• _____

4. **Duración de la Actividad:**

• _____

5. **Observaciones:**

• _____

Anexo 5: Análisis de Datos Históricos de OEE

Objetivo: Comparar los datos históricos de OEE con los datos actuales para evaluar el impacto de las mejoras implementadas.

Formato:

1. **Periodo:**

• _____

2. **OEE Promedio Mensual:**

• _____

3. **Disponibilidad:**

• _____

4. **Rendimiento:**

• _____

5. **Calidad:**

• _____

6. **Observaciones:**

Anexo 6: Resultados de las Encuestas

En el marco de nuestra investigación, se realizaron encuestas a un total de 100 personas, incluyendo operarios técnicos de inyección y supervisores. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Frecuencia de Cambios de Formato: La mayoría de los encuestados, un 40%, indicó que realizan cambios de formato diariamente. Un 35% realiza estos cambios semanalmente, mientras que un 20% lo hace mensualmente. Solo un 5% de los encuestados mencionó que los cambios de formato se realizan con otra frecuencia.

Tiempos Muertos: En cuanto a los tiempos muertos durante los cambios de formato, el 25% de los encuestados reportó que estos cambios toman menos de 30 minutos. La mayoría, un 50%, indicó que los cambios de formato duran entre 30 y 60 minutos, y el 25% restante mencionó que los cambios de formato toman más de 60 minutos.

Satisfacción con los Procedimientos Actuales: Respecto a la satisfacción con los procedimientos actuales para los cambios de formato, el 10% de los encuestados se declaró muy satisfecho, mientras que el 30% se mostró satisfecho. Un 20% de los encuestados se mantuvo neutral, y un 25% expresó estar insatisfecho. Finalmente, el 15% de los encuestados se declaró muy insatisfecho con los procedimientos actuales.

Propuestas de Mejora: Las propuestas de mejora más mencionadas por los encuestados fueron las siguientes:

- **Capacitar continuamente a los operarios:** 28 menciones.
- **Proveer herramientas adecuadas y en buen estado:** 24 menciones.
- **Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real:** 23 menciones.
- **Estandarizar los procedimientos de cambio de formato:** 19 menciones.
- **Realizar mantenimiento preventivo regularmente:** 10 menciones.

Estos resultados proporcionan una visión clara de las percepciones y sugerencias del personal respecto a los cambios de formato en la planta de inyección, y serán fundamentales para guiar las acciones de mejora en el proceso.

Anexo 7: Propuestas para Nuevos Temas de Investigación

A partir de los resultados obtenidos, se proponen varios temas para futuras investigaciones:

1. **Optimización de la técnica SMED:** Investigar cómo la técnica SMED puede ser adaptada y optimizada para diferentes tipos de maquinaria y procesos de manufactura.
2. **Impacto de la tecnología de monitoreo en tiempo real:** Evaluar el impacto de la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real en la eficiencia de los procesos de manufactura.
3. **Capacitación continua y su efecto en la productividad:** Analizar cómo la capacitación continua del personal puede influir en la mejora de la eficiencia y la productividad en la manufactura.
4. **Mantenimiento predictivo:** Investigar el impacto del mantenimiento predictivo en la reducción de tiempos de inactividad y la mejora de la eficiencia operativa.

Estas propuestas de investigación pueden contribuir al desarrollo de nuevas estrategias y tecnologías para mejorar la eficiencia en los procesos de manufactura, proporcionando un enfoque integral para la mejora continua en el campo de la ingeniería industrial.