



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en ingeniería de calidad y productividad

Implementación de una hoja de operación estándar en el proceso de
purgado de la inyectora LWB 270

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestra en Ingeniería de calidad y productividad

Presenta

Ing. Martha Elva Escutia Vargas

Dirigido por:

M.I. Javier García Pérez

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Fecha de aprobación por el Consejo Universitario (septiembre de 2024)

México

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en ingeniería de calidad y productividad

Implementación de una hoja de operación estándar en el proceso de purgado de la inyectora LWB
270

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestra en Ingeniería de calidad y productividad

Presenta

Ing. Martha Elva Escutia Vargas

Dirigido por:

M.I. Javier García Pérez

M.I. Javier García Pérez

Presidente

Dra. Magdalena Mendoza Sánchez

Secretario

M.A.P. José Agustín Martínez Rodríguez

Vocal

Dr. Antonio Sierra Gutiérrez

Suplente

M.I. Arturo Escoto García

Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Fecha de aprobación por el Consejo Universitario (septiembre de 2024)

México

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a las personas que me han acompañado durante este proceso lleno de alegrías y dificultades:

A mis amados padres, que me han dado su apoyo incondicional, que me han impulsado a crecer académicamente y sobre todo por el amor tan grande que me han demostrado a la distancia.

A mis amigas Angélica, Ana y Carolina que me han enseñado que para lograr una amistad verdadera no se requiere que transcurran varios años y que me han extendido la mano cuando la necesitaba.

A mis estimados sinodales por compartir su experiencia y conocimiento conmigo y mostrarme que se puede formar una relación de amistad más allá de las aulas.

A Daniel que me ha acompañado y dado palabras de aliento cuando ya no podía continuar, que me ha inspirado a esforzarme cada día un poco más por lo que quiero lograr, que se enorgullece de mis logros y que me ha brindado un lugar de paz después de un largo día de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis. A CONAHCYT por su generoso apoyo financiero, su contribución fue fundamental para llevar a cabo la presente investigación, a la empresa de autopartes que me abrió sus puertas y me dio su confianza para desarrollar en sus instalaciones este proyecto de tesis y a mi querida institución educativa la Universidad Autónoma de Querétaro y su Facultad de Ingeniería que me brindaron el entorno propicio para mi desarrollo académico.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. ANTECEDENTES	13
1. Modelos de la gestión de la calidad.....	18
1.1 Círculo de calidad de Deming	20
2. Estandarización de los procesos	21
3. Requisitos de la Norma ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de la Calidad	22
3.1 Competencias	23
3.2 Toma de conciencia	23
3.3 Comunicación.....	24
3.4 Información documentada	24
3.4.1 Control de la información documentada	24
4. Requisitos de ISO 14001:2015, Sistemas de Gestión Ambiental.....	24
4.1 Toma de conciencia	25
4.2 Comunicación.....	25
4.3 Información documentada	25
5. Requerimientos de sistemas de administración de calidad para organizaciones con partes automotrices para producto y servicios relevantes, IATF 16949:2016	26
5.1 Competencias	27
5.2 Concientización	27
5.3 Comunicación.....	27

5.4	Información documentada	28
6.	Factores de calidad en la industria automotriz	28
7.	El hule y su uso como materia prima	28
7.1	El hule sintético	30
8.	Moldeado por inyección	31
8.1	Purgado de máquinas de inyección	35
9.	Suspensión	35
10.	Buje.....	36
11.	Análisis de modo de falla y sus efectos	37
12.	Función previsión en Excel	38
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	40
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	44
V.	HIPÓTESIS	47
VI.	OBJETIVOS.....	47
1.	Objetivo general	47
2.	Objetivos específicos.....	47
VII.	METODOLOGÍA.....	48
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
1.	Entrevista.....	52
2.	Análisis de modos y efecto de falla	56
3.	Estudio de tiempos y movimientos.....	53
4.	Hoja de operación estándar	54
4.1	Colocación de hule blanco.....	58
4.2	Colocación de hule negro	60
4.3	Mejoras en el proceso	62

4.4	Previsión de la tendencia de los datos	63
X.	REFERENCIAS	70
ANEXO 1	80
ANEXO 2	81
ANEXO 3	89
ANEXO 4	90

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Pioneros de la calidad	19
Figura 1. Proceso del Círculo de Deming (Norma Internacional ISO 9001:2015)	21
Figura 2. Esquema general de máquina de inyección (Castro et al., 2010).....	33
Figura 3. Inyectora utilizada en el presente proyecto	33
Figura 4. A) boquilla con extrusora en posición del proceso, b) boquilla en etapa de purga (Castro et al. 2010)	34
Figura 5. Sistema de alimentación para cuatro piezas (Castro et al. 2010).....	34
Cuadro 2. Opciones de previsión.....	38
Figura 6. Pareto de desechos de hule en 2023	42
Figura 7. a) Hule producido en América y b) Hule consumido en América	44
Figura 8. Metodología	48
Figura 9. Respuestas obtenidas.....	52
Cuadro 3. Resultados del estudio de tiempos y movimientos	53
Cuadro 4. Pruebas en piso	55
Cuadro 5. AMEF del proceso de purgado de la inyectora LWB 270	56
Cuadro 6. Matriz de clasificación de riesgos.....	57
Cuadro 7. Colocación de hule blanco	58
Cuadro 8. Colocación de hule negro	61
Figura 10. Resultado de la implementación del proyecto	63
Cuadro 9. Previsión de desechos de hule	64
Figura 11. Previsión del desecho de hule a diciembre 2024.....	65

RESUMEN

El sector automotriz se enfrenta a una serie de situaciones que ponen en riesgo su operación; no obstante, los más comunes son los problemas de producción, por lo que las organizaciones se encuentran en la búsqueda de soluciones que conduzcan a mejorar el desempeño de sus procesos, alcanzando altos estándares de calidad. Además, afronta el reto de contribuir a la reducción de problemas ambientales generados por el desperdicio que ésta provoca, haciendo que se replanteen sus estrategias con una orientación ambiental enfocada hacia procesos productivos, productos y servicios. En ese sentido, esta investigación tuvo como objetivo mejorar el proceso de purgado de hule negro en una empresa automotriz del estado de Querétaro, que sin comprometer la calidad o seguridad de los productos aumento su rentabilidad y competitividad en el mercado a partir de la reducción de los costos y la disminución del desperdicio de hule no vulcanizado. Para lograrlo, se siguió un proceso de investigación participativa a través de un proyecto de vinculación con una empresa del giro automotriz donde se obtuvo información del proceso de purgado; igualmente, bajo el enfoque cualitativo se realizaron entrevistas a diferentes operadores para generar un diagnóstico claro del problema. A través de pruebas documentadas se siguió el proceso de investigación, para finalmente implementar la estandarización del proceso como parte de la gestión de la calidad. Al término del presente proyecto disminuyó en un 50% el consumo de hulo blanco y en un 62% el consumo de hule negro.

Palabras clave: calidad, purga, industria automotriz, inyectora, hule.

ABSTRACT

The automotive sector faces a series of situations that put its operation at risk; However, the most common are production problems, so organizations are searching for solutions that lead to improving the performance of their processes, reaching high quality standards. In addition, it faces the challenge of contributing to the reduction of environmental problems generated by the waste it causes, causing it to rethink its strategies with an environmental orientation focused on production processes, products, and services. In this sense, this research aimed to improve the black rubber purging process in an automotive company in the state of Querétaro, which without compromising the quality or safety of the products, increased its profitability and competitiveness in the market by reducing costs and reduction of waste of non-vulcanized rubber. To achieve this, a participatory research process was followed through a linkage project with an automotive company where information on the purging process was obtained; likewise, under the qualitative approach, interviews were carried out with different operators to generate a clear diagnosis of the problem. Through documented evidence the research process was followed to finally implement the standardization of the process as part of quality management. At the end of the project, the consumption of white rubber was reduced by 50% and the consumption of black rubber was reduced by 62%.

Keywords: quality, purge, automotive industry, injector, rubber.

I. INTRODUCCIÓN

Para que una empresa logre el cumplimiento de su política y objetivos de calidad se requiere la implementación de métodos, operaciones y gestión de calidad probados, como por ejemplo ISO 9001, Gestión de Calidad Total o Six Sigma, la cuales garantizan que la operación de calidad está construida para proporcionar productos y servicios de calidad a sus clientes en un proceso repetible (Gordon Jr., 2010). Sin embargo, la falta de entendimiento de la gestión de calidad por parte del líder, la falta de compromiso, la mala planificación, los altos costos, la falta de capacitación y la falta de motivación del personal pueden llevar a que no se logre el cumplimiento del sistema de gestión de calidad.

La industria automotriz es un segmento comercial en constante evolución y cambio tecnológico, la cual requiere de la implementación de sistemas de gestión de calidad para reducir la variación y desperdicios en su cadena de suministros; además, de lograr la conformidad del cliente y que las piezas, componentes y sistemas de seguridad cumplan con la normatividad aplicable (Baltazar-Jiménez *et al.*, 2023). No obstante, el incumplimiento al sistema de calidad genera una serie de inconvenientes económicos, ambientales o incluso de seguridad laboral.

El presente proyecto se desarrolló en una empresa de autopartes líder en soluciones de ruido, dureza y vibración que elabora autopartes con hule. El hule es un material no biodegradable altamente utilizado en distintos sectores industriales; que consiguió en el 2020 un total de 3.5 billones de dólares en ventas (Leong *et al.*, 2022), pero que es una de las más grandes amenazas para el ambiente. Por lo anterior, las industrias automotrices deben desarrollar procesos o productos sostenibles a través de la aplicación de sistemas de gestión ambiental como lo es la ISO 14001¹.

El proyecto desarrollado tuvo algunas contribuciones como la reducción de los costos por desecho de hule no vulcanizado y el impacto ambiental que se genera por la producción, a través de la estandarización del proceso de purgado en los diversos tipos de máquinas se pudieron alcanzar estos propósitos.

¹ La norma ISO 14001 es reconocida internacionalmente para implementar sistemas de gestión ambiental en las organizaciones. Se trata de una guía de orientación que integra criterios y requisitos legales para que se mejore el desempeño ambiental. Dentro de los aspectos a evaluar se encuentran el uso de recursos y la gestión de residuos entre otros; igualmente, el seguimiento al desempeño ambiental y el compromiso de las partes interesadas (ISO, 2015).

La presente tesis se estructura en varias secciones clave que proporcionan una comprensión completa y detallada del tema investigado. En primer lugar, los antecedentes que proporcionan una revisión de literatura de los últimos años en torno al objeto de estudio y la importancia del problema que se identifica en la industria. Posteriormente, se presenta la fundamentación teórica de la investigación, donde se presentan los conceptos que sustentan la investigación. Para delimitar con precisión el problema central que se aborda en el estudio, se encuentra un apartado de planteamiento del problema; mientras que la justificación expone las razones y la importancia de realizar este estudio. También hay un apartado que incluye la hipótesis como proposición clara que se pone a prueba, y los objetivos detallan las metas específicas que se pretenden alcanzar. La sección de metodología describe los métodos y técnicas empleadas para recolectar y analizar los datos. Finalmente, los resultados y conclusiones muestran los hallazgos de la investigación y su interpretación, proporcionando respuestas a la hipótesis planteada y sugiriendo posibles implicaciones y recomendaciones para futuros estudios.

II. ANTECEDENTES

La gestión de la calidad se ha vuelto una herramienta empresarial de suma importancia en el sector industrial; no obstante, las personas responsables de los procesos de producción pueden llegar a pensar que los problemas se resuelven una vez que se implementan las certificaciones. Sin embargo, para alcanzar la calidad existe toda una planificación que precede a los sistemas de gestión, que es la Ingeniería de la Calidad; la cual permite optimizar tanto los productos como los procesos de producción y la operación de los servicios (Carro & González, 2012).

González y Arciniega (2016) señalan que la calidad de un bien o servicio no se decreta, sino que se crea y se produce; que la creación y aplicación de un sistema de gestión de calidad sirve de guía para asegurar que un bien o servicio ha sido producido con procesos controlados. Así entonces, las empresas buscan las herramientas que les apoyen a través de procesos sistemáticos y metodológicos para integrar la calidad en su gestión.

La gestión de la calidad total se señala como una filosofía que debe expandirse por toda la empresa, donde los trabajadores de todas las áreas y niveles cumplan o superen los requerimientos del cliente; considerando que la calidad seguiría siendo el desafío para la competitividad de las organizaciones, sobre todo en países emergentes (Addis *et al.*, 2019). Igualmente, Zonnenshain y Kenett (2020) mencionan que la gestión de la calidad es el camino para lograr el cambio organizacional y la innovación que requieren las empresas frente al nuevo mercado empresarial.

Frente a esta situación, las empresas están implementando sistemas de calidad como *Lean manufacturing*, teoría de restricciones, Six Sigma, la fabricación sostenible, la economía circular y las tecnologías ambientales, donde la implementación de las prácticas de éstas aparecen como una posibilidad para mejorar la calidad de los productos y procesos, sin causar daño a la salud o integridad física tanto de los clientes como de los trabajadores y sociedad en general; sin embargo, estos enfoques y metodologías no ha sido implementado ampliamente en las empresas de los países en desarrollo (Yadav *et al.*, 2020).

Existe una gran cantidad de literatura científica en torno a estos temas; por ejemplo, hay estudios que orientan la calidad hacia los productos y otros que la aplican enfocada hacia los clientes; no obstante, Muruganantham *et al.* (2016) aclara que, en un escenario moderno de fabricación de

componentes automotrices, las prácticas de calidad durante los procesos de fabricación son importantes para ofrecer un producto que alcance las expectativas del consumidor.

Sahoo y Yadav (2018) analizan cómo la gestión de la calidad influye sobre el desempeño de la organización; como parte de las prácticas de gestión se consideraron el diseño, el empoderamiento, la capacitación y la información de la calidad otorgada; mientras que en el desempeño se integraron factores como la calidad del proceso, la calidad del producto y la satisfacción del cliente.

Chiarini (2017), Sfakianaki y Kakouris (2018) y Sahoo y Yadav (2018) identificaron barreras que impiden que se alcance la gestión total de la calidad, una fue la falta de liderazgo, ya que los gerentes y supervisores deben comprender claramente cómo implementarla, y como influir en los trabajadores para que puedan comprenderla, y así generar un compromiso con la calidad; también es importante mantener un plan de acción estratégico que permita alcanzar objetivos y plantear tácticas para ofrecer soluciones en las operaciones de fabricación. Otro elemento que se plantea como barrera, es la poca participación de los empleados; ya que hay que motivarlos para realizar las actividades de calidad, también capacitarlos y que tengan las mejores condiciones de trabajo para que superen los obstáculos, logrando una cultura de la calidad.

Muruganatham *et al.* (2016) muestran los inconvenientes que tienen las empresas manufactureras para alcanzar la gestión total de la calidad (TQM por sus siglas en inglés); señalan, entre estos, la falta de compromiso de la alta dirección, la mala planificación, la falta de capacitación y educación adecuadas, los altos costos de implementación de TQM, falta de incentivos y recursos humanos y escasa toma de decisiones participativa, por lo que las organizaciones deben realizar esfuerzos para eliminarlos.

Respecto a la implementación de *Lean Six Sigma*, Laureani y Jiju (2016), indagaron sobre los factores más significativos para implementar ese modelo de gestión, encontrando que el liderazgo, la selección de personas talentosas y la responsabilidad financiera son determinantes para establecerlo con éxito. No obstante, Wang *et al.* (2018) señalan que la calidad de procesos requiere de una rápida y robusta inspección visual automatizada, por lo que el control de la calidad juega un importante papel para lograr la eficiencia en la producción.

En ese tenor, Murrieta *et al.* (2020) realizan un estudio donde analizan las ventajas y desventajas de implementar un sistema de gestión de la calidad, donde mencionan que aquellas empresas que

lo asumen logran una mayor madurez con respecto a la cultura organizacional, la mejora continua, la transparencia y eficiencia en los procesos, la productividad y la satisfacción del cliente. Mientras que, dentro de las desventajas, se alude a una excesiva implementación de certificaciones con altos costos, haciendo que las empresas sean homogéneas y no exista una competencia real entre ellas, se inhibe la innovación y el desarrollo de nuevos productos ya que la gestión de la calidad se centra predominantemente en la formalización y estandarización de los procesos y el personal tiende a adoptar un pensamiento lineal creando una zona de confort evitando el cambio y la creatividad por lo que se debe evitar que exista miedo al rechazo de ideas o posible castigo al realizar cambios en los procedimientos, y así, los empleados sean más propensos a contribuir a importantes discusiones y sugerir ideas (DAOUD BEN ARAB,2022).

Addis (2020) por su parte, realizó una investigación en empresas industriales etíopes, comparando organizaciones con y sin certificación de la *International Organization for Standardization (ISO)*, el autor identificó que la gestión de la calidad se implementa en un nivel moderado, y que si existen diferencias significativas entre las empresas que poseen la certificación y las que no las tienen, mejorando sobre todo la calidad del producto, aunque la certificación por sí sola puede no contribuir a la mejora de la calidad, ya que no se implementa el conjunto de prácticas de gestión total de la calidad.

Recientemente, investigadores implementaron un sistema de mejora continua bajo el enfoque de filosofía esbelta a nivel estratégico y operativo (Carballo-Mendivil *et al.*, 2018). Se realizó un diagnóstico cuantificando los desperdicios de recursos para posteriormente utilizar un modelo idealizado que detalla las actividades del proceso de mejora continua, el círculo de Deming. La implementación del procedimiento permitió disminuir el porcentaje de merma en los procesos y el tiempo de respuesta al cliente, reducir movimientos durante la logística de entrega, aprovechar las tecnologías, tanto para hacer más eficientes los procesos internos como para tomar mejores decisiones.

En la actualidad, se desarrolla un creciente interés por estudiar la gestión de la calidad total en su relación con la sustentabilidad ambiental, la eco-innovación o la mejora de los procesos con una visión ecológica. En ese sentido, Bastas y Liyanage (2018), a través de una revisión de literatura sobre gestión de la calidad y gestión sustentable, identificaron que la mayoría de los estudios se han orientado a mostrar las prácticas de gestión de la calidad total, las relaciones con los sistemas

de calidad y los sistemas de sustentabilidad; donde el ISO 9000 resulta relevante entre otros sistemas. Abbas (2020) argumenta que la gestión total de calidad ayuda a mejorar el desempeño ecológico de las organizaciones, ya que además de producir productos y servicios competitivos permite disminuir el desperdicio a través de la utilización eficiente de los recursos.

El concepto de sostenibilidad organizacional aborda el cambio de la visión y misión, la estructura y las actividades organizacionales con la finalidad de aumentar la competitividad y reducir el impacto ambiental; sin embargo, las empresas del sector automotriz son conscientes de la sostenibilidad organizacional solo debido a que existen normas legislativas, exigencia de las partes interesadas o por beneficio económico (Cioca *et al.*, 2019).

Algunos estudios demuestran que el desperdicio de la producción se puede eliminar mediante el desarrollo de diferentes herramientas *lean* como la estandarización del trabajo, 5s, Kaizen, entre otras, provocando que los procesos se vuelvan más eficientes reduciendo los costos de fabricación. Se busca utilizar menos recursos como el tiempo de fabricación, el número de trabajadores y desarrollar procesos altamente eficientes aminorando la sobreproducción, la cantidad de inventario de piezas terminadas, productos defectuosos, desperdicios, inventario de trabajo en proceso, tiempos de espera y movimientos innecesario (Kaneku-Orbegozo *et al.*, 2019).

Pérez-Naranjo *et al.* (2021) mencionan que el cuidado del ambiente ha tomado una relevancia importante, por lo que las industrias tienen que crear nuevas metodologías para atender esta inquietud. Se optó por llevar dos estrategias al mismo tiempo, las cuales son *lean and green*, logrando crear una postura ambiental que promueve la recuperación de materiales, rediseña legados y remanufactura productos; además reduce riesgos dando como resultado mayores ingresos y mejor imagen de marca. La industria automotriz es el mayor sector de remanufactura en USA, llevando la gestión de residuos hacia la economía circular.

Se reconoce que frente a los problemas ambientales que vive el planeta, la industria debe tener una participación más activa en pro de contribuir a un desarrollo socioeconómico sostenible. En ese sentido, la introducción de sistemas de gestión ambiental también está permitiendo hacer que los procesos de fabricación sean más amigables con la naturaleza; ya que la gran mayoría de estos son contribuyentes de los desechos (Pérez & Vargas, 2015).

En los últimos años, el mercado automotriz ha avanzado integrando una gran variedad de marcas en el mercado, buscando generar mayores ingresos que su competencia a través de la innovación de automóviles; frente a la necesidad de adoptar un pensamiento de producción sustentable, las empresas requieren implementar sistemas de gestión de calidad y sistemas de gestión ambiental con la finalidad de fabricar productos con la calidad requerida por el cliente sin perjudicar el medio ambiente. Las herramientas de *Lean manufacturing*, *Lean Six Sigma* y las certificaciones ISO como la ISO 9001 Sistemas de gestión de calidad-Requisitos y la ISO 14001 Sistemas de gestión ambiental-Requisitos con orientación para su uso, son buenas herramientas para lograr un mejor ejercicio tanto de calidad como ambiental en las industrias.

III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1. Modelos de la gestión de la calidad

A lo largo del tiempo, las necesidades del mercado provocaron que la industria fuera incorporando nuevos modelos, enfoques y prácticas de calidad; primeramente, se avanzó sobre la calidad del producto, posteriormente, en la calidad de los procesos, para después evolucionar en la calidad del servicio, de la gestión, del diseño y más recientemente, de la información (Zonnenshain & Kenett, 2020). Igualmente, aparecieron modelos de calidad sirviendo de guía para elevar la productividad de una manera más eficiente, entre los que destacan el modelo TQM, Six Sigma, Lean Six Sigma, ISO 9001 y *Quality by Design* (QBD), los cuales no son todos ni son exclusivos; por lo tanto, se pueden enriquecer y complementar de otros modelos, sobre todo en la actualidad donde se habla de la calidad 4.0.

En cuanto a la calidad de los procesos, por muchos años se apuntó a la optimización y evaluación del tiempo; para posteriormente concebirse la eficiencia de procesos en un triángulo de calidad, costo y tiempo (Weckenmann *et al.*, 2015). Más adelante, la búsqueda de fallas o errores en los procesos llevó no solo a su detección y diagnóstico para solucionar los problemas que se presentaban, sino que fue mejor controlar la calidad ajustando parámetros de entrada para obtener resultados de salida óptimos. El Control Total de la Calidad (TQC) es un enfoque de gestión empresarial que busca la mejora continua de la calidad en todos los procesos, productos y servicios de una organización, involucrando a todos los niveles y empleados, con el objetivo de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, reducir costos, eliminar desperdicios y alcanzar la excelencia en todos los aspectos del negocio (Mera *et al.*, 2007). Su fundamento es que la calidad no es responsabilidad exclusiva de un área o departamento de la empresa, sino que debe ser una preocupación y responsabilidad de todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de línea.

La gestión de la calidad se refiere a un conjunto de principios, prácticas y técnicas destinadas a garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares de calidad predefinidos y satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes. A lo largo de la historia, varios autores han contribuido significativamente al concepto y significado de la gestión de la calidad (ver cuadro 1), teniendo un impacto relevante en la teoría y su práctica en todo el mundo.

Cuadro 1. Pioneros de la calidad

Autor	Contribución
Edwards Deming	Fue un pionero en la gestión de la calidad. Propuso las catorce obligaciones de la gerencia en las se tiene que adoptar cambios en la cultura organizacional; “como reasignación de responsabilidades, cambios de incentivos, eliminación de los objetivos numéricos, cambio de política frente a proveedores, etc.”. Además, divulgó el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) que se ha convertido en una herramienta fundamental en la gestión de la calidad.
Joseph M. Juran	Es conocido por su enfoque en la calidad como un proceso de planificación, control y mejora. Introdujo conceptos como "trilogía de Juran", que incluye la planificación de calidad, el control de calidad y la mejora de calidad.
Philip B. Crosby	Es conocido por su énfasis en la "cero defectos" y la importancia de la prevención de defectos en lugar de su detección. También popularizó el concepto de "costo de la calidad", que se refiere a los costos asociados con la prevención de defectos y la corrección de defectos.
Kaoru Ishikawa	Desarrolló los círculos de calidad que “tienen como objetivo la obtención de mejoramiento en el seno de la empresa”. También, aportó la herramienta de diagrama de Ishikawa, “también conocida como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa-efecto”. Este diagrama “se utiliza para identificar y visualizar las posibles causas de un problema de calidad”.
Armand V. Feigenbaum	Acuñó el término "control total de calidad" (TQC) y promovió la idea de que la calidad es responsabilidad de todos en una organización, no solo de un departamento específico.

Fuente: Nava (2005) y Guajardo (1996)

La Gestión Total de la Calidad (TQM, *Total Quality Management* por sus siglas en inglés) se centra en aspectos como la participación de los empleados, la toma de decisiones basada en datos y hechos, el trabajo en equipo, la prevención de defectos en lugar de la corrección de estos, y el enfoque en la satisfacción del cliente como el objetivo principal. Esta filosofía se originó en Japón en la década de 1950 y desempeñó un papel fundamental en el éxito de empresas japonesas como

Toyota, que se convirtieron en líderes en calidad y productividad a nivel mundial (Carro & González, 2012).

1.1 Círculo de calidad de Deming

El círculo de Deming fue desarrollado inicialmente por Walter Shewhart, y fue popularizado posteriormente por Edwards Deming (Sánchez, 2009). Es un procedimiento para el mejoramiento, es una guía lógica y racional para actuar en una gran variedad de situaciones, principalmente resolver problemáticas (Escalante, 2005). El círculo de Deming o PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) representa los pasos de un cambio planeando, donde las decisiones se toman científicamente y no con base en apreciaciones (Guajardo, 1996). Es un ciclo dinámico que puede desarrollarse dentro de cada proceso de la organización (Pérez & Múnera, 2007).

El círculo de calidad consiste en cuatro etapas (Pérez & Múnera, 2007):

- a) Planear: En primer lugar, se elaboran los planes y la visión de la meta que la empresa aspira alcanzar. Después de establecer este objetivo, se lleva a cabo un análisis exhaustivo para evaluar la situación actual y determinar las áreas que requieren mejoras. Este análisis incluye identificar los problemas existentes y evaluar su posible impacto.
- b) Hacer: Se implementa el plan de acción previamente establecido, con un seguimiento constante para garantizar que se cumpla según lo acordado
- c) Verificar: Se contrastan los resultados esperados con los resultados reales obtenidos.
- d) Actuar: Se procede a estandarizar las acciones o a buscar nuevas estrategias, reiniciando así el ciclo de mejora continua propuesto por el modelo de Deming (Alonso *et al.*, 2006).

Este ciclo se trata de una metodología que simplifica las rutinas de gestión y facilita los cambios a partir de una adecuada toma de decisiones, resolución de problemas e innovación, con el propósito de realizar una mejora continua. Las normas internacionales lo han utilizado como fundamento para sus certificaciones; y con ello, desarrollan sus sistemas de gestión y mejora continua. A continuación, en la Figura 1 se muestra un diagrama del proceso del círculo PHVA.

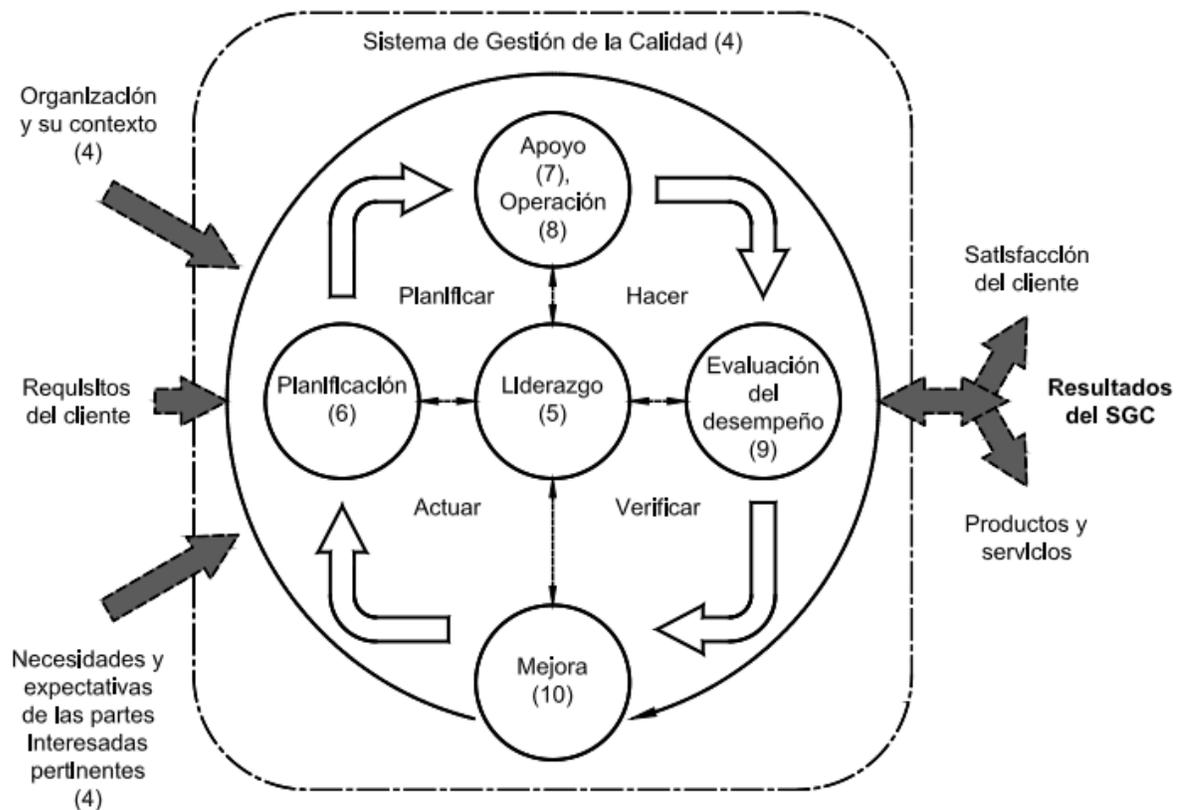


Figura 1. Proceso del Círculo de Deming (Norma Internacional ISO 9001:2015)

2. Estandarización de los procesos

La estandarización también conocida como normalización, se instituye como un proceso fundamental en el ámbito industrial, actuando como brújula para la organización, ya que su esencia radica en la creación de reglas que deben cumplir los productos independientemente del lugar donde se fabriquen; es decir, deben seguir un mismo proceso. La creación de estos estándares no es tarea sencilla, pues exige tomar en cuenta las necesidades de todos los involucrados, de los países, industrias y empresas, asegurando que las normas sean inclusivas y adaptables a diversos contextos; de esta manera, se garantiza la coherencia y la calidad en la producción a nivel global.

La estandarización es una metodología cuyo propósito es reducir la variabilidad en los procesos de trabajo, minimizando así los errores y manteniendo consistentemente las mismas condiciones, logrando siempre el mismo resultado (Torres & Collao, 2024). Por su parte, Cueva (2024) menciona que la estandarización busca unificar y simplificar los procesos de la empresa, documentándolos de manera que sean fácilmente comprensibles para el personal y se ejecuten

siguiendo los parámetros establecidos para cada tarea. Además, se evalúan las áreas con flexibilidad para mejorar y actualizar continuamente el proceso de estandarización (Saavedra, 2023).

La estandarización de procesos es un conjunto de actividades sistemáticas que buscan definir, documentar e implementar procedimientos uniformes para la realización de actividades dentro de una organización. Su objetivo principal es optimizar el uso de recursos, mejorar la calidad de los productos o servicios, aumentar la productividad y reducir costos. Para llevar a cabo la estandarización de los procesos es necesario aplicar herramientas de calidad para garantizar el funcionamiento de lo que se está implementado y que es la forma más rápida y sencilla de realizar el proceso. Además, la aplicación de herramientas de calidad implica la eliminación de actividades que no agregan valor al producto (Curo & Rivera, 2023).

Los elementos clave de la estandarización de procesos son (Pande & Radebaugh, 2020):

- Definición de procesos: Se identifican y delimitan claramente los pasos que componen cada proceso, estableciendo los roles y responsabilidades de los involucrados.
- Documentación de procesos: Se elaboran manuales, diagramas de flujo y otros documentos que describen en detalle la forma en que se deben realizar los procesos.
- Implementación de procesos: Se capacita al personal sobre los procesos estandarizados y se implementa el nuevo sistema de trabajo.
- Monitoreo y mejora continua: Se realiza un seguimiento continuo del desempeño de los procesos estandarizados, identificando oportunidades de mejora y realizando las modificaciones necesarias.

De tal manera que la estandarización de procesos es una herramienta poderosa que puede ayudar a las organizaciones a mejorar su eficiencia, calidad, productividad y competitividad.

3. Requisitos de la Norma ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de la Calidad

La norma ISO 9001, creada por la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés), establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad eficaz a nivel mundial. Su objetivo principal es proporcionar un marco sólido para que las empresas mejoren la calidad de sus productos o servicios y cumplan de manera consistente con las expectativas de sus clientes.

Adoptar un sistema de gestión de calidad es una decisión estratégica que puede ayudar a una organización a mejorar su rendimiento general y obtener beneficios como la capacidad de satisfacer las necesidades del cliente, abordar riesgos y oportunidades relacionados con sus objetivos y contextos, y demostrar la conformidad con requisitos específicos del sistema de gestión de calidad.

La norma ISO 9001 se centra en un enfoque basado en procesos, lo que implica la implementación del ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y la consideración de riesgos. Esto fomenta el desarrollo, implementación y mejora continua de un sistema de gestión de calidad mediante la comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema integrado, permitiendo a la organización controlar las interacciones entre los procesos y mejorar su rendimiento general.

El capítulo siete de la norma ISO 9001, denominado "Apoyo", aborda los recursos necesarios para implementar y mantener un sistema de gestión de calidad efectivo. Esto incluye recursos humanos, infraestructura, entorno para la operación de los procesos, recursos de seguimiento y medición, y gestión del conocimiento. Además, se trata de las competencias requeridas, la concienciación, la comunicación, la documentación de la información y el control de esta documentación. Estos últimos aspectos son los que se investigan en este estudio específico.

3.1 Conocimientos de la organización

La organización debe identificar los conocimientos esenciales para ejecutar sus procesos y asegurar que los productos y servicios cumplan con los estándares. Estos conocimientos deben ser preservados y disponibles según se necesite. Al enfrentar nuevas necesidades y tendencias, la organización debe evaluar su conocimiento actual y determinar cómo obtener o acceder a los conocimientos adicionales y a las actualizaciones necesarias.

3.2 Competencias

Es responsabilidad de la organización garantizar que aquellos individuos que desempeñan actividades que influyen en la calidad del producto o servicio posean las habilidades adecuadas para realizar sus funciones de manera competente. Esto requiere identificar las aptitudes necesarias, ofrecer la capacitación pertinente y realizar evaluaciones regulares para verificar la competencia de los empleados.

3.3 Toma de conciencia

La empresa debe garantizar que su personal esté plenamente informado sobre la política de calidad, los objetivos establecidos, su papel en la eficacia del sistema de gestión de calidad, así como los beneficios asociados con un mejor rendimiento y las consecuencias del no cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de calidad.

3.4 Comunicación

La empresa necesita definir qué información transmitir, cuándo hacerlo, a quién dirigirse, cómo llevar a cabo la comunicación y quién será el encargado de comunicar, tanto dentro como fuera de la organización.

3.5 Información documentada

Es responsabilidad de la organización garantizar que se disponga de la documentación adecuada para respaldar la operación y el control eficaz de los procesos. Esto puede abarcar políticas, procedimientos, guías de trabajo, registros y otros documentos relevantes.

3.5.1 Control de la información documentada

Este aspecto resalta la necesidad de implementar un procedimiento para validar, revisar, mantener actualizada y supervisar la información documentada. Esto asegura que la información sea precisa, esté al día y esté accesible para aquellos que la requieran.

4. Requisitos de ISO 14001:2015, Sistemas de Gestión Ambiental

La norma ISO 14001:2015 establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental eficaz, con el propósito de brindar a las organizaciones un sólido marco para identificar, controlar y mejorar continuamente su impacto en el medio ambiente. Al adoptar esta norma, las organizaciones pueden beneficiarse de la reducción de costos relacionados con la gestión de recursos naturales y energía, mejorar su reputación y relaciones con las partes interesadas, y acceder a nuevos mercados y oportunidades comerciales.

La norma ISO 14001:2015 incorpora el ciclo de mejora continua conocido como Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA). Su implementación requiere un compromiso sólido con la protección ambiental, la prevención de la contaminación y el cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios pertinentes. Esta norma es aplicable a cualquier tipo de organización, sin importar su tamaño, sector o ubicación geográfica.

El concepto de ciclo de vida del producto es fundamental en la norma ISO 14001:2015. Se refiere a la consideración de todas las etapas de la vida de un producto o servicio, desde la adquisición de materias primas hasta la disposición final. Este enfoque holístico permite identificar y gestionar los impactos ambientales en cada etapa, lo que se conoce como "enfoque de ciclo de vida". Además, esta norma apoya los principios de la economía circular al promover prácticas que contribuyen a la sostenibilidad y la reducción de impactos ambientales.

El capítulo siete de esta norma, titulado "Apoyo", se enfoca en los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de calidad. En este capítulo, se aborda la necesidad de determinar y proporcionar los recursos necesarios, garantizar la competencia del personal, promover la conciencia, facilitar la comunicación y gestionar la información documentada. Estos últimos tres puntos son de interés particular para la investigación actual.

4.1 Conocimientos de la organización

La organización debe identificar los conocimientos esenciales para ejecutar sus procesos y asegurar que los productos y servicios cumplan con los estándares. Estos conocimientos deben ser preservados y disponibles según se necesite. Al enfrentar nuevas necesidades y tendencias, la organización debe evaluar su conocimiento actual y determinar cómo obtener o acceder a los conocimientos adicionales y a las actualizaciones necesarias.

4.2 Toma de conciencia

La empresa debe garantizar que aquellos que trabajan bajo su dirección comprendan las políticas ambientales, los aspectos ambientales importantes y los efectos reales en el medio ambiente. Esto incluye entender los beneficios de mejorar el desempeño ambiental, su contribución al éxito del sistema de gestión ambiental y las consecuencias de no cumplir con los requisitos del sistema, incluidos los legales.

4.3 Comunicación

La empresa debe definir qué información transmitir, cuándo hacerlo, a quién dirigirse, cómo llevar a cabo la comunicación y quién será el responsable de comunicar, tanto dentro como fuera de la organización.

4.4 Información documentada

La empresa debe garantizar que su sistema de gestión ambiental contenga la documentación exigida por la norma ISO 14001:2015, así como la información documentada que la organización considere necesaria para el funcionamiento eficaz del sistema. Además, se resalta la importancia de establecer un proceso para aprobar, revisar, actualizar y controlar esta documentación, asegurando su precisión, actualización, accesibilidad y protección adecuadas.

5. Comunicado conjunto IAF/ISO sobre la incorporación del cambio climático consideraciones a las normas de Sistemas de Gestión

Las normas de Sistema de Gestión ISO emitieron un comunicado el 22 de febrero de 2024 con la finalidad de dar a conocer las enmiendas de acción climática a las leyes existentes. La intención de esta enmienda es asegurar que los problemas del cambio climático son considerados por las organizaciones en el contexto del sistema de gestión y que es un factor externo importante para la comunidad por lo que se exige a las organizaciones considerarlo. Estas declaraciones deberán ser consideradas en los requisitos 4.1 y 4.2.

6. Requerimientos de sistemas de administración de calidad para organizaciones con partes automotrices para producto y servicios relevantes, IATF 16949:2016

La Norma IATF 16949:2016 es un estándar global establecido por la *International Automotive Task Force* (IATF) que define los requisitos para un sistema de gestión de calidad en la industria automotriz. Su propósito es establecer un sistema de gestión de calidad que promueva la mejora continua, con un enfoque en la prevención de defectos y la reducción de variaciones y desperdicio en la cadena de suministro.

La implementación de un sistema de gestión de calidad basado en esta norma ofrece a las organizaciones diversos beneficios, incluida la capacidad de proporcionar consistentemente productos y servicios que cumplen con los requisitos de los clientes, legales y regulatorios, así como mejorar la satisfacción del cliente, abordar riesgos y oportunidades relacionados con sus objetivos y contexto, y demostrar la conformidad con los requisitos del sistema de gestión de calidad.

La norma IATF 16949:2016 adopta un enfoque de procesos, lo que implica la aplicación del ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y el pensamiento basado en riesgos. Esto permite a las organizaciones planificar sus procesos e interacciones, asegurando la disponibilidad de recursos

necesarios y su adecuada gestión. Además, este enfoque facilita el desarrollo, implementación y mejora continua de un sistema de gestión de calidad para satisfacer las necesidades del cliente.

El capítulo siete de esta norma, llamado "Soporte", se centra en los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de calidad. Este capítulo aborda aspectos como recursos humanos, infraestructura, entorno para la operación de procesos, recursos de medición y monitoreo, y gestión del conocimiento. También se trata de las competencias necesarias, la concientización, la comunicación, la documentación de la información y el control de esta documentación. Estos últimos cinco puntos son los de interés para la presente investigación.

6.1 Conocimientos de la organización

La organización debe identificar los conocimientos esenciales para ejecutar sus procesos y asegurar que los productos y servicios cumplan con los estándares. Estos conocimientos deben ser preservados y disponibles según se necesite. Al enfrentar nuevas necesidades y tendencias, la organización debe evaluar su conocimiento actual y determinar cómo obtener o acceder a los conocimientos adicionales y a las actualizaciones necesarias.

6.2 Competencias

La empresa debe identificar las habilidades esenciales requeridas por aquellos que desempeñan tareas que influyen en la eficacia y rendimiento del sistema de gestión de calidad, teniendo en cuenta su educación, capacitación o experiencia. Cuando sea necesario, deben tomarse medidas para garantizar que estas personas adquieran las habilidades necesarias, y luego evaluar la eficacia de estas acciones.

6.3 Concientización

La empresa debe garantizar que el personal esté plenamente consciente de la política de calidad, los objetivos establecidos, así como de su contribución al sistema de gestión de calidad y los beneficios asociados con un mejor desempeño. También es importante que comprendan las implicaciones del incumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de calidad. Además, la organización debe incentivar a los empleados para alcanzar los objetivos de calidad, fomentar la mejora continua y crear un entorno que fomente la innovación.

6.4 Comunicación

La empresa debe definir qué información transmitir, cuándo hacerlo, a quién dirigirse, cómo llevar a cabo la comunicación y quién será el encargado de hacerlo, tanto dentro como fuera de la organización.

6.5 Información documentada

La organización debe asegurarse de contar con la documentación necesaria para respaldar la operación y el control eficaz de los procesos. Esto implica la creación de un manual de calidad que refleje el sistema de gestión de calidad de la organización, abarcando el alcance del sistema, los procesos documentados, la secuencia e interacciones de los procesos y los requisitos específicos de los clientes. Además, se destaca la importancia de establecer un proceso para aprobar, revisar, actualizar y controlar la información documentada, garantizando su precisión, actualización, accesibilidad y seguridad adecuadas.

7. Factores de calidad en la industria automotriz

La palabra calidad se refiere al conjunto de características o propiedades de un objeto que permiten evaluar su valor (Gutiérrez, 1989). Según Rakhmatov y Krutolapov (2021) la percepción de la calidad de un automóvil depende de sus características de ruido internas. El ruido interno del auto convencional se conforma de las vibraciones del tren motriz, la transmisión, la suspensión y el equipo de dirección. Sin embargo, von Wysocki *et al.* (2020) mencionan que, además del ruido mecánico, el ruido interno también está conformado por el ruido del aire y del camino. El ruido interior predominante es el mecánico, en especial a bajas velocidades, el ruido del camino y el del aire se comienzan a escuchar al aumentar la velocidad (Bucha *et al.*, 2022).

En ese sentido, Zhang *et al.* (2020) mencionan que no solo el ruido interno es importante como factor de calidad en un vehículo, sino que la calidad buscada se compone de tres características generales las cuales son el ruido, las vibraciones y la dureza. Los altos niveles de estos factores pueden causar malestar, fatiga e incluso daño a los pasajeros, por lo que su reducción a rangos tolerables es una parte integral del diseño, desarrollo y refinamiento un automóvil (Rakhmatov & Krutolapov, 2021).

8. El hule y su uso como materia prima

El hule o caucho es un hidrocarburo de origen natural, un polímero del monómero isopreno, descrito por la fórmula química $\text{CH}_2\text{:C}(\text{CH}_3)\text{CH:CH}_2$ (Tully, 2011) el cual es una dispersión

coloidal de partículas sólidas del polímero poliisopreno en agua (Groover, 1997) que se extrae de los árboles de hule (*Hevea brasiliensis*), un árbol originario del Río Amazonas (Groover, 1997) y que se aísla mediante la coagulación con ácido fórmico o acético, se lava con agua y procesa en hojas (Bokobza, 2019).

Existen 2,500 especies de plantas que producen el monómero del hule, cis-1,4-poliisopreno, sin embargo, el *H. brasiliensis* produce el mejor hule al tiempo presente, teniendo la más alta productividad de las plantas y las mejores propiedades físicas (Chan *et al.*, 2014). La cantidad de látex, para producir hule, obtenida en cada extracción varía dependiendo la edad del árbol, el suelo, las condiciones del clima y las frecuencias de extracción, las cuales varían de una a cinco veces por día (Chan *et al.*, 2014).

Los tipos de hule más utilizados en la industria a nivel mundial son los técnicamente especificado (TSR), el estándar de Malasia (SMR), el granulado brasileño oscuro (GEB-1), el crepé pálido brasileño (CCB-1) y la lámina de caucho ahumado (RSS-3). Estos son implementados en la industria por su disponibilidad y costo. Las siglas representan los nombres estándar establecidos por el país donde se produce el caucho, y el número indica la cantidad de impurezas en centésimas de porcentaje (R. Lodaza *et al.*, 2023).

El hule cuenta con la habilidad de revertir su deformación debido a su estructura química y su peso molecular (Fazli & Rodrigue, 2020b). La cadena polimérica forma disposiciones muy ordenadas provocando su cristalización a bajas temperaturas y convirtiéndose a su estado amorfo original mediante calentamiento (Rackaitis & Graves, 2017); además, de que es resistente ante ácidos y sustancias alcalinas (Global Rubber Corporation, 2016).

El hule natural muestra algunas propiedades que lo diferencian de los hules sintéticos como mayor resistencia a la tracción, mayor resistencia al desgarro, resistente a impactos y abrasión, dispersa eficientemente el calor y es maleable a bajas temperaturas, por lo que no puede ser sustituido en algunos casos específicos (Chan *et al.*, 2014; Lozada *et al.*, 2023) por lo que se ha utilizado por muchos años en la producción de llantas y guantes, así como para la construcción de edificios y caminos (Ibrahim *et al.*, 2014).

Actualmente el hule es utilizado para fabricar más de 40,000 productos. Los productos más comunes son los guantes quirúrgicos y las llantas, por lo que la industria automotriz impulsa el

mercado mundial del caucho natural (Hakimi *et al.*, 2021). La mayoría de los productos de hule natural son fabricados por medio de la vulcanización, en la cual se aplica calor durante la formación. La vulcanización del hule generalmente se activa y se controla mediante la temperatura y el tiempo (Gschwandl *et al.*, 2019). Este proceso requiere diversos químicos para la estructura del hule, como lo son aditivos, lubricantes, anticorrosivos y acelerantes, por lo que los productos resultantes de la vulcanización no son reciclables (Yoksan, 2020).

De acuerdo con el *International Rubber Study Group* (IRSG, 2022), la producción de hule natural ha incrementado 5.4%, su fabricación pasó de 13.065 millones de toneladas a 13.77 millones de toneladas en un año (2020 al 2021) (IRSG, 2022). La fluctuación en la manufactura y en las aplicaciones del caucho ha creado una demanda significativa para el uso alternativo de hule natural (Ansari *et al.*, 2021), por lo que fue necesario el desarrollo del caucho sintético.

8.1 El hule sintético

El hule sintético se refiere a un elastómero artificial del cual existen aproximadamente veinte tipos diferentes (Basik *et al.*, 2021). En su mayoría se producen a partir del petróleo (Groover, 1997). La diferencia entre el hule sintético y el natural es que, aunque ambos contienen isopreno, difieren en su microestructura (Basik *et al.*, 2021).

El caucho sintético es un tipo de compuesto producido por el hombre a partir de compuestos químicos de bajo peso molecular. El término incluye cauchos que no han sido producidos directamente a partir de compuestos de bajo peso molecular. Los monómeros más comunes que se utilizan para la producción de hule sintético se pueden clasificar en dos: aquellos que imparten flexibilidad a la secuencia polimérica de las moléculas de hule, y aquellos que no imparten flexibilidad, pero si confieren alguna otra propiedad deseable (Blackley, 2012).

Todos los elastómeros sintéticos se producen por el proceso de polimerización (Samsuri, 2010) y el primer hule sintético producido por este método es el isopreno (2-metil-1,3-butadieno), un compuesto muy parecido al hule natural (Blackley, 2012). Sin embargo, el creciente interés en el desarrollo de hules sintéticos llevó al desarrollo de una gran variedad de estos compuestos, con diferentes características químicas y físicas.

Dependiendo de si la cadena del polímero se corta o se retícula más rápido, el caucho se ablanda o se endurece con la exposición al aire a temperaturas elevadas; por ejemplo, los elementos

vulcanizados de butilo tienden a ablandarse y el caucho de butadieno-estireno, los cauchos de butadieno-acrilonitrilo y el neopreno tienen a endurecerse (Andrews *et al.*, 1946).

9. Moldeado por inyección

El moldeado del hule por inyección se ha vuelto importante como método de manufactura, ya que se pueden obtener variados productos como juntas, carcasas, amortiguadores, bujes, entre otros, en tiempos de procesamiento bastante cortos en comparación con otras técnicas como el moldeo por compresión o por transferencia (Traintinger *et al.*, 2021). El proceso de inyección produce componentes separados o discretos que son casi siempre formas netas. La duración del ciclo típico de producción es de 10 a 30 segundos, aunque no son raros los ciclos de un minuto o mayores. El molde también puede tener más de una cavidad, de manera que se produzcan múltiples piezas moldeadas en cada ciclo. Se pueden producir formas complejas, la limitación es que el fabricante del molde tenga la capacidad de producir un molde cuya cavidad tenga la misma forma que la pieza. Los tamaños pueden variar de unas pocas onzas hasta 50 lb (Groover, 1997).

El moldeado por inyección es un método bien establecido y desarrollado de producción de una variedad de productos complejos e idénticos, por lo que se sabe, los materiales poliméricos no pueden ser moldeados por inyección por sí solos, de tal forma que tienen que ser modificados con aditivos para dar resistencia adecuada a la luz y al calor, ofreciendo las propiedades físicas apropiadas; sin embargo, al momento de ser moldeados tienen ventaja por los tiempos de ciclo más rápidos y de menor densidad, por lo tanto, logran piezas de menor peso que pueden marcarse y colorearse estéticamente (Goodship, 2016).

El moldeado consiste “en fundir un material en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde en el que se enfría hasta una temperatura adecuada” para que las piezas puedan ser retiradas sin deformarse (Marcilla, 2012, p. 123). En el moldeo por inyección, es necesario conocer las características del polímero, tales como peso molecular, configuración química y morfología, cristalinidad, estabilidad, etc. El proceso de inyección puede dividirse en dos fases: la de fusión de material y la de inyección en el molde (Marcilla, 2012).

La calidad del producto final de una máquina de moldeo por inyección depende de muchos parámetros que interactúan relacionados con las propiedades del hule, el diseño del molde, los parámetros de configuración del proceso y la capacidad de la máquina de inyección. Sin embargo,

una vez colocados los parámetros de la máquina, ahora la calidad final del producto depende de las propiedades del hule como temperatura, presión y tiempo (Ramini & Agnelli, 2022).

El caucho generalmente debe alimentarse en secciones regulares y de tamaño apropiado para encajar fácilmente en la garganta del tornillo de alimentación de la inyectora, no debe estar distorsionado o retorcido y debe mostrar poca tendencia a adherirse a sí mismo. Si el caucho se encuentra almacenado por tiempo prolongado tenderá a producir cierta rigidez en el flujo lo que dificultará la alimentación a la máquina, la exposición a temperaturas menores de 10°C provocará su cristalización haciéndolo inservible, mientras que, las temperaturas por encima de 23°C acentuarán los problemas de adherencia y aumentará las quemaduras (Lindsay, 2000).

El caucho en bruto es un material blando y con bajas propiedades mecánicas por lo que debe curarse en un molde al que se le llama proceso de vulcanización. El hule se inyecta en cavidades del molde y se calienta hasta una temperatura en la que comienza la reacción de curado, en esta se produce una reacción irreversible que conduce a una red molecular tridimensional que tiene como resultado un producto elástico muy fuerte (Erfanial *et al.*, 2016).

Durante el procesamiento del caucho se genera calor dentro del mismo, por lo que este efecto debe medirse comprenderse y controlarse, ya que puede provocar la vulcanización del caucho. Los factores que puede afectar el proceso de vulcanización son el diseño del compuesto, la mezcla, las condiciones de almacenamiento, la máquina de inyección, el diseño del molde y las condiciones operativas. Por otra parte, el proceso de inyección también se ve afectado por la viscosidad del caucho, su humedad y la gelificación (Lindsay, 2000).

La temperatura es un factor importante durante la inyección del hule, debido a que un aumento de temperatura durante la inyección reduce su viscosidad y puede provocar la reacción de curado, si esta reacción se lleva a cabo mientras el hule está fluyendo, el flujo se detendrá (Ramini & Agnelli, 2022). Pese a su importancia, la temperatura durante el flujo del hule no se puede controlar directamente, por lo que esta se eleva no solo por el sistema de calentamiento del equipo y por la reacción de curado (error que puede ocurrir durante el flujo), sino que también por el calentamiento por cizallamiento (Ramini *et al.*, 2019).

“El proceso de moldeo por inyección requiere de la fundición del material en una extrusora y de la utilización del tornillo de la extrusora para inyectar el material en el molde, donde es enfriado. La

velocidad y la consistencia son factores fundamentales para llevar a cabo con éxito esta operación” (Castro *et al.* 2010, p.10). Las extrusoras tienen un husillo que al girar en el interior de una carcasa cilíndrica extrae el material de la tolva de alimentación, lo hace avanzar a lo largo del cilindro, lo somete a importantes esfuerzos de cizalla a la vez que lo comprimen y lo dosifican a través de un plato (Castro *et al.* 2010).

Las partes de la máquina de inyección se muestran a continuación en la Figura 2 y la inyectora LWB 270, utilizada en la presente investigación se muestra Figura 3.

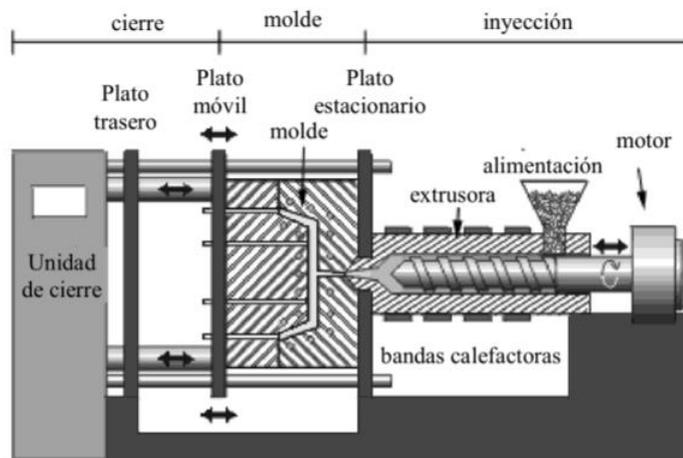


Figura 2. Esquema general de máquina de inyección (Castro *et al.*, 2010).



Figura 3. Inyectora utilizada en el presente proyecto

Las inyectoras cuentan con una boquilla que une a la extrusora con el bebedero del molde y forma un cierre entre la extrusora y el molde. Cuando el sistema deja de inyectar la boquilla se retira del bebedero del molde y así se puede procesar a la extracción de la pieza como se observa en la Figura 4 (Castro *et al.* 2010).

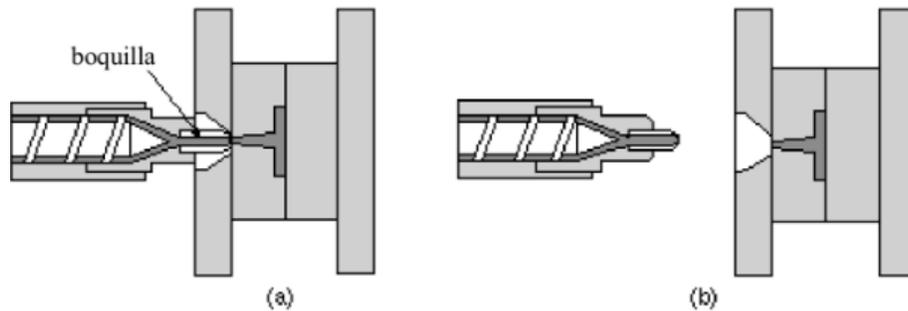


Figura 4. A) boquilla con extrusora en posición del proceso, b) boquilla en etapa de purga (Castro *et al.* 2010)

También cuentan con un sistema hidráulico que permite abrir y cerrar los moldes, mantenerlos cerrados durante la operación de inyección, girar el husillo de la extrusora, abrir y cerrar la boquilla de la extrusora, mover los extractores de las piezas y mover los insertos de los moldes, un sistema de control que proporciona la repetibilidad de las operaciones de la máquina, controla todos los parámetros de proceso (temperatura, presión de velocidad de inyección, velocidad, posición del husillo, entre otros) y con un sistema de alimentación el cual consta de un bebedero, mazarota, canal principal, canales secundarios, las puertas y las piezas como se muestra en la Figura 5 (Castro *et al.* 2010).

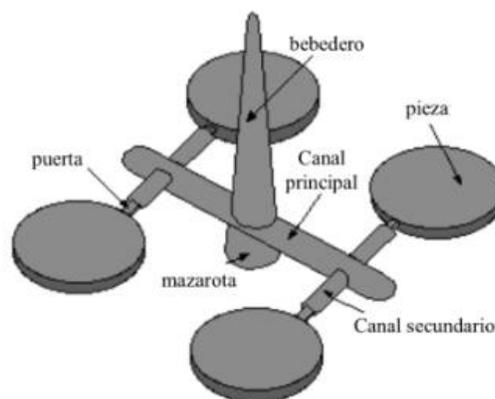


Figura 5. Sistema de alimentación para cuatro piezas (Castro *et al.* 2010).

9.1 Purgado de máquinas de inyección

La purga es un proceso fundamental en la operación de máquinas de inyección, ya que ayuda en la transición de color, los cambios de material y la eliminación de contaminantes (Carrasco *et al.*, 2023). Para llevar a cabo el purgado se debe extruir o inyectar varias veces el polímetro de inyección sobre una superficie limpia; la observación de estos disparos indica si la masa está mezclada adecuadamente y lista para moldearse (Muccio, 1994).

Por su parte, Belcher (2017) describe a la purga como un proceso de limpieza de un color o material del cilindro de una máquina de moldeo por inyección o extrusora forzándolo a salir con el nuevo color o material que se utilizará en el siguiente lote de producción, sin embargo, el significado de la palabra describe a la perfección lo que se busca hacer en la máquina cuando se llevar a cabo este proceso. Limpiar, purificar algo, quitándole lo innecesario, inconveniente o superfluo es como la define la Real Academia Española (2014).

10. Suspensión

El confort del uso de un vehículo mecánico depende de una serie de sistemas responsables de diferentes funciones, como lo es el sistema de suspensión (Junik *et al.*, 2021). La suspensión es el sistema que conecta el cuerpo del vehículo al camino y es un conjunto de elementos elásticos, amortiguadores y componentes asociados a la conexión de las llantas al cuerpo del automóvil (Schütte & Sextro, 2021).

Debido a los desniveles de las avenidas y a los movimientos dinámicos, los neumáticos se cargan con una fuerza combinada que comprende fuerzas longitudinales, laterales y verticales y que son transmitidas a la carrocería del automóvil a través del mismo neumático, la suspensión y el chasis (Schütte & Sextro, 2021) provocando vibraciones mecánicas y ruido estructural en la cabina de pasajeros, que pueden ser sentidas como vibraciones en el asiento, volante o piso de la carrocería (Heißing & Ersoy, 2011).

El objetivo principal de la suspensión es aislar el cuerpo del vehículo de las perturbaciones del camino, por lo cual existen diferentes tipos de suspensiones para adaptarse a las necesidades de cada auto. Los tipos de suspensiones actuales son la activa, semiactiva y la pasiva que, aunque la activa y la semiactiva tienen un mejor desempeño, la pasiva se utiliza más frecuentemente debido a su simplicidad y rentabilidad (Dwivedi & Wahi, 2022).

Con el continuo desarrollo de la dinámica del chasis, la capacidad de la suspensión para ejecutar movimientos precisos y definidos en respuesta a las fuerzas aplicadas se ha vuelto más importante, lo que ha provocado mayores expectativas en el diseño de los bujes para alcanzar el nivel actual de atenuación del ruido, confort de manejo y rendimiento de la dureza del vehículo (Rivas-Torres *et al.*, 2019).

11. Buje

Los bujes son elementos utilizados para dar solución al ruido y absorber las vibraciones, normalmente son hechos de materiales flexibles como el caucho y sirven como interfaz entre los elementos rígidos, lo que garantiza una respuesta dinámica favorable entre estos sistemas (Puma-Araujo *et al.*, 2021). El buje debe ser capaz de resistir fuerzas provenientes de múltiples direcciones, ya que, cuando un auto se mueve en carretera, el buje está expuesto a impactos radiales o direccionales, y cuando el vehículo frena de emergencia, está sujeto a impactos axiales y torsional (Liang *et al.*, 2023).

Un buje de hule es un componente de caucho adherido permanentemente (vulcanizado) a un subcomponente de metal o plástico, que permite que las oscilaciones y vibraciones en la parte metálica sean transferidas al hule para ser amortiguadas o eliminadas por completo (Heißing & Ersoy, 2011). Varios estudios realizados a estos bujes de hule han demostrado que una rigidez razonable del buje mejora significativamente los problemas NVH causados por las carreteras (Li, 2023).

Como se mencionó anteriormente, cuando un neumático es expuesto a una fuerza de impacto, este se carga con fuerzas combinadas y la suspensión se deforma elásticamente en la dirección de la fuerza y así, poder atenuarla. Para reducir la fuerza de impacto, el buje de hule se dobla elásticamente en la dirección de la fuerza y la rueda motriz se mueva hacia atrás. Li *et al.* (2022) determinaron que a menor rigidez del buje de hule hay mayor desplazamiento longitudinal de las ruedas.

Las propiedades de los elastómeros utilizados para fabricar estos bujes dependen de la temperatura del ambiente y de la velocidad de excitación, por lo que se deben elegir materiales de caucho que coincidan exactamente con las condiciones y parámetros de funcionamiento previstos como lo son la velocidad de medición, temperatura ambiente, tiempo de almacenamiento, método de

fabricación, platilla de prueba y número de ciclos de carga previos (Heißing & Ersoy, 2011). Sin embargo, las propiedades mecánicas del buje no solo dependen del material seleccionado sino también de las características geométricas del componente (Puma-Araujo *et al.*, 2021).

Puma-Araujo *et al.* (2021) señalan que el papel de los bujes en la suspensión de automóviles rara vez se ha abordado o se trata de un tema descuidado. No obstante, la complejidad del comportamiento mecánico de los bujes de hule se ha vuelto un problema industrial, ya que el confort, la estabilidad de manejo y el NVH del vehículo depende de esto. Para expresar el comportamiento de este componente se utiliza la elasticidad y la amortiguación que pueden ser descritos en factores de rigidez y pérdida respectivamente (Li *et al.*, 2022).

12. Análisis de modo de falla y sus efectos

El análisis de los distintos fallos y sus efectos (AMEF) es una técnica sistemática para identificar y solucionar posibles defectos del producto antes de que este sea entregado al cliente evaluando el impacto de las fallas en los componentes de un sistema y la frecuencia con la que ocurren, con el objetivo de establecer actividades de mantenimiento en aquellas áreas que tienen un mayor impacto en la funcionalidad, confiabilidad, facilidad de mantenimiento, riesgos y costos generales. Esto se hace con el fin de reducir o eliminar estas fallas por completo (Medrano *et al.*, 2017). Esta metodología se puede aplicar tanto al análisis de productos como al de procesos. Mientras que el análisis de fallos en el diseño o producto se enfoca en el diseño principal y sus partes, el análisis de fallos en el proceso se centra en la fabricación, es decir, en los medios de producción utilizados (Chamorro *et al.*, 2007).

Implementar el análisis de modos de fallo y efecto en la empresa permite estructurar los planes y horarios de mantenimiento de manera más efectiva. Además, posibilita establecer un sistema de seguimiento y control para asegurar que se monitoreen las acciones tomadas y se cumplan las recomendaciones derivadas del análisis.

Para evaluar el impacto, se procede a clasificar los modos de fallo según su relevancia, asignándoles tres valores distintos. Estos valores representan:

- Severidad: el nivel de gravedad percibido por el usuario en caso de la falla.
- Ocurrencia: la probabilidad de que ocurra la falla.
- Detección: la probabilidad de que el error pase desapercibido antes de usar el producto.

Cada modo de fallo recibe una puntuación del 1 al 5 según una escala predeterminada. Luego, estos valores se multiplican para obtener el NPR (Número o Índice de Prioridad de la Falla), que indica la importancia del modo de fallo bajo análisis. Una vez que se han calculado los NPR para todos los modos de fallo analizados, se ordenan de mayor a menor. Los modos de fallo con los NPR más altos son los que requieren atención prioritaria y deben ser solucionados primero (Medrano *et al.*, 2017).

13. Función previsión en Excel

Si dispones de información pasada con un periodo específico, se puede emplear la función “previsión” para proyectar hacia el futuro. Al hacerlo en Excel, este programa genera una nueva hoja con una tabla que incluye tanto los datos históricos como las estimaciones futuras, además de un gráfico ilustrativo. Estas proyecciones te pueden ser útiles para anticipar aspectos como las ventas por venir, las necesidades de inventario o las tendencias del mercado.

Esta función nos permite personalizar las opciones de la previsión de acuerdo con lo que se indica en el cuadro 2.

Cuadro 2. Opciones de previsión

Opciones de previsión	Descripción
Inicio de la previsión	Seleccione la fecha de inicio para la proyección. Si elige una fecha previa al final de los datos históricos, solo se emplearán los datos anteriores a esa fecha en la proyección, lo que a veces se llama "análisis retrospectivo".
Intervalo de confianza	Habilite o deshabilite la opción de Mostrar Intervalo de Confianza. Este intervalo es una estimación alrededor de cada valor proyectado, donde se espera que el 95 % de los futuros puntos estén dentro, según la predicción (asumiendo una distribución normal). Visualizar el intervalo de confianza puede proporcionar información sobre la precisión de la predicción. Un intervalo más estrecho sugiere mayor confianza en la predicción para un punto específico. El valor predeterminado del intervalo de confianza del 95 % puede ajustarse utilizando las flechas hacia arriba o hacia abajo.

Estacionalidad	La estacionalidad es un valor que indica la duración del patrón recurrente (el número de puntos) y se identifica automáticamente. Por ejemplo, en un ciclo de ventas anual donde cada punto representa un mes, la estacionalidad sería 12. Si prefieres, puedes ajustar este valor manualmente seleccionando la opción "Establecer manualmente" y eligiendo un número específico.
Intervalo de escala de tiempo	Cambie el intervalo que usa en su escala de tiempo aquí. Este intervalo necesita coincidir con el Intervalo de valores .
Intervalo de valores	Cambie el intervalo que usa para su serie de valores aquí. Este intervalo necesita ser idéntico al Intervalo de la escala de tiempo .
Rellenar puntos que faltan con	Para encontrar los puntos faltantes, Excel recurre a la interpolación, lo que implica que un punto ausente se rellenará con el promedio ponderado de sus puntos cercanos, siempre que no se hayan perdido más del 30 % de los puntos. Si prefieres que los puntos faltantes se traten como ceros, simplemente selecciona la opción "Ceros" en la lista.
Agregar duplicados con	Si hay varios valores asociados con una misma marca de tiempo en los datos, Excel los promediará automáticamente. Si prefieres utilizar un método de cálculo diferente, como la mediana o el recuento, simplemente selecciona el método deseado de la lista disponible.
Incluir estadísticas de previsión	Marque esta casilla si desea obtener un análisis estadístico más detallado sobre las proyecciones en una nueva hoja de cálculo. Al activarla, se generará una tabla estadística utilizando la función PRONOSTICAR. ETS. STAT, que incluirá medidas como los coeficientes de suavizado (Alfa, Beta, Gamma) y métricas de error (MASE, SMAPE, MAE, RMSE).

Fuente de elaboración propia.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mala calidad de la producción y las prácticas mal definidas originan una serie de problemas y generan impactos negativos tanto en lo económico como en lo ambiental, los primeros están asociados a los costos, bajo rendimiento, tiempos de espera, defectos, calidad de los productos, entre otros; y las repercusiones ambientales incluyen desperdicios de producción, uso ineficiente de recursos naturales, contaminación por residuos (Franciosi *et al.*, 2021). Sin embargo, los procesos mal operados pueden llegar a afectar a los trabajadores ocasionando condiciones de trabajo inseguras e insalubres (Franciosi *et al.*, 2019). En este marco, la industria se apoya de diferentes herramientas de gestión que le ayudan a mejorar la calidad de sus procesos, analizando sus fallas y dándoles solución (Nestic *et al.*, 2019).

Querétaro es un estado de la República Mexicana, ubicado en el centro del país, una ubicación estratégica que le ha permitido avanzar en la industria manufacturera más rápido que otros estados, ya que conecta con ciudades importantes como Ciudad de México, Puebla, San Miguel de Allende, Guanajuato, Morelia y San Luis Potosí. El Clúster Automotriz de Querétaro juega un papel importante en el desarrollo de la industria, que se ha convertido en un centro de innovación y un importante generador de empleos en Querétaro, aportando el 2.3% del PIB nacional (Diario de Querétaro, 2024).

En el estado se tiene registro de 70 parques y zonas industriales, que se concentran principalmente en El Marqués (34.3%), Querétaro (31.1%) y Colón (13.4) (El Economista, 2023). La industria automotriz es el pilar fundamental de la economía del Estado de Querétaro, un ecosistema compuesto durante el 2023 por 400 empresas, donde se entrelazan diversas áreas de México y Estados Unidos; representando el 7% de la producción nacional. Los expertos del Clúster Automotriz de Querétaro anticiparon que para el año 2030, la mitad de las autopartes producidas en la región estarán destinadas a vehículos eléctricos e híbridos, una clara señal de la adaptación de la industria a las nuevas tendencias del mercado (El Economista, 2024).

A continuación, se plantea la problemática observada en una empresa líder en soluciones de ruido, dureza y vibración (NHV, por sus siglas en inglés) para el sector automotriz que elabora piezas de hule para el chasis y el tren motriz. La planta se encuentra ubicada en el parque industrial El Marqués, y pertenece a uno de los 40 centros de producción e ingeniería existentes ubicados en 17

países. Cuenta con poco más de 300 empleados que laboran de lunes a viernes en tres turnos de producción. Esta organización cuenta con certificaciones como ISO 9001, ISO/TS 16949, ISO 9100, Acreditación CLAUGTO, entre otras; las cuales exigen calidad tanto en procedimientos de producción como organizacionales (Cluster Automotriz de Guanajuato, 2022; ISO 9000: 2015, 2022).

La empresa cuenta con entrenadores certificados que deben capacitar al personal de nuevo ingreso. Su trabajo consiste en que el nuevo integrante se sienta cómodo en su nuevo ambiente laboral y con la función que desempeñará. En un inicio, cada entrenador explica mediante una hoja de operación estándar el procedimiento de operación de la máquina en la que trabajará el operador, expone el qué, cómo y por qué de cada procedimiento en piso para finalmente poner al nuevo integrante en práctica bajo su supervisión.

El trabajo estandarizado que proporciona el entrenador certificado al momento del ingreso, se ha visto mermado, debido a que, posteriormente, los operadores con más antigüedad comparten los conocimientos que han adquirido por medio de la experiencia con el personal recién llegado, y, por tanto, se les proporciona información que no está en la hoja de operación estándar, que otorgó en un inicio el entrenador certificado, por lo que, después de un tiempo, la operación de las máquinas ya no está estandarizada.

Durante un estudio en piso realizado a 28 máquinas con diferentes operadores, se observó que el procedimiento de purgado de las inyectoras no se realiza bajo las mismas condiciones; ya que este procedimiento se hace a conciencia del operador; es decir, que el operador determina cuándo se hace la purga, qué cantidad de hule se purga, y cuántas veces se realiza la purga; lo que provoca un descontrol en el proceso e imposibilita el cálculo de pérdidas que se tendrán tanto de materia prima como de costos.

El proceso de purga se tiene que llevar a cabo cuando la inyectora se mantiene en estado de reposo, lo que significa que, si hay un paro inesperado en la línea o si es la hora de comida, al regreso es necesario realizar el purgado con el hule negro o de proceso, lo que conlleva un gasto de tiempo-hombre y de material. Además, también se deben purgar las inyectoras cuando se para la máquina al término de turno o inicio de turno, sin embargo, este proceso de purga conlleva colocarle a la máquina un hule diferente llamado “hule blanco” que no contiene las propiedades requeridas para

vulcanizarse (sin aditivos, acelerantes, lubricantes ni anticorrosivos), por lo que, al arrancar la máquina nuevamente no se generan problemas de obstrucción de hule.

La cantidad de hule blanco que se utiliza al momento de realizar los términos o inicios de turno es de 1 m., aproximadamente. Sin embargo, no se tiene una medida exacta debido a que no se les proporciona cinta métrica o alguna otra herramienta para medirlo; la forma de medir es tomando un extremo con la mano izquierda y estirándola hasta el hombro derecho, representando así el metro. Por lo que, de acuerdo con las declaraciones, es posible determinar que el personal no tiene un procedimiento estandarizado para realizar las purgas.

De acuerdo con los registros de enero a agosto de 2023, se han desechado 34,849.884 kg de hule, de los cuales 19,017.863 kg son por procedimientos de purga, lo que representa 54.57 % del total de hule desechado. A continuación, en la Figura 6 se muestran las diferentes categorías de desechos que la empresa tiene, así como, también se puede observar la gran problemática que representan los procesos de purga.

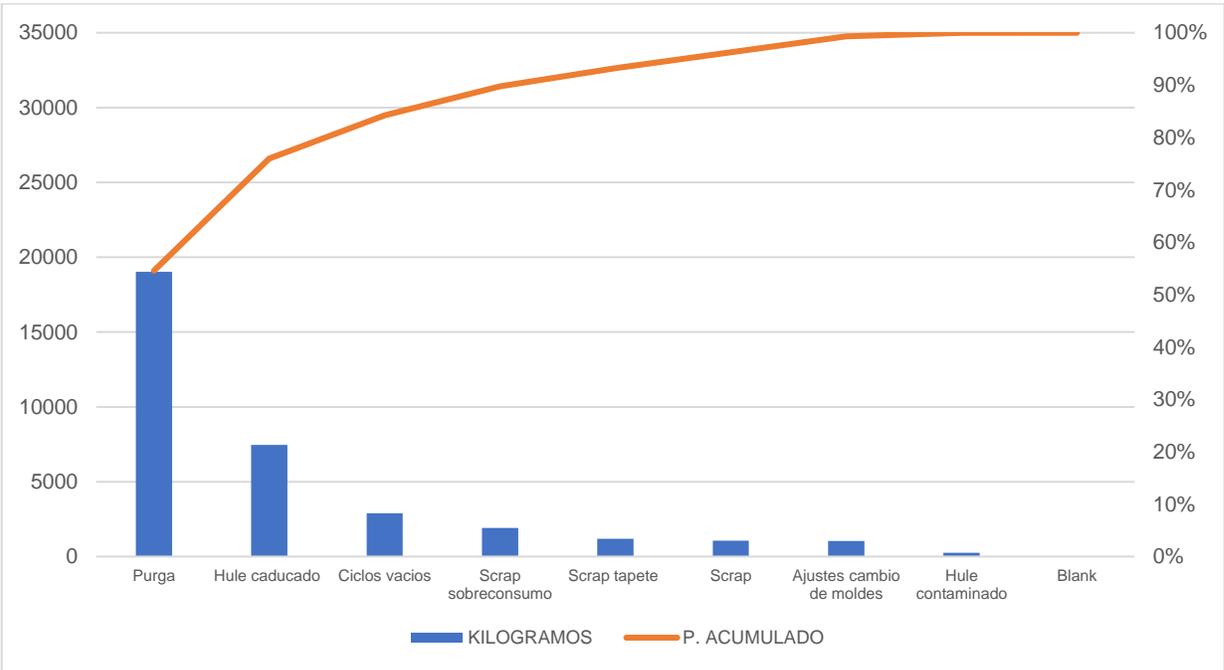


Figura 6. Pareto de desechos de hule en 2023

Por otra parte, se observó que únicamente se tiene contabilizada la cantidad de hule blanco que se adquiere, desconociéndose por completo la cantidad que desecha de este hule, la cantidad que se

tiene almacenada, el tiempo que tarda en consumirse este material, la cantidad real que se requiere por máquina, en fin, se ignora por completo como se maneja el hule blanco en piso y se corre el riesgo de que en un futuro se presenten problemáticas por esta inexperiencia.

El purgado de las inyectoras es un proceso inevitable, debido a lo difícil que resulta el control de los parámetros de la máquina y del hule; sin embargo, la empresa se está viendo afectada económicamente por el gran consumo de hule a través de esta actividad. La pérdida financiera debido al desperdicio de 19,017.863 kg de hule, no solo impacta en la en el gasto monetario de la adquisición de este material, sino también al momento de su desecho, representando dos problemas: excesivos residuos al ambiente y los gastos generados por la contratación de quienes harán la correcta disposición de estos residuos, de acuerdo con la norma NOM-161-SEMARNAT-2011.

IV. JUSTIFICACIÓN

La demanda de productos de hule está creciendo aceleradamente en los últimos años, durante 2018 la producción de hule natural fue de aproximadamente 13.9 millones de toneladas métricas (Chittella *et al.*, 2021). En Estados Unidos en el mismo año se generaron 9.2 millones de toneladas de hule, de las cuales solo 1.7 millones se identificaron como reciclable (Chittella *et al.*, 2021). En el caso de México, la industria del hule representó un incremento del 1.93 % durante el año 2021 (*The Logistics World*, 2022). Aunque se le identifica como el componente principal en la fabricación de llantas, el hule es utilizado extensamente en muchos otros giros, en especial en la industria automotriz (Fazli y Rodrigue, 2020a).

Según las estadísticas del grupo de estudio internacional del hule (IRSG, 2020), de la producción total de hule en América fue 87.2% hule sintético y 12.8% hule natural; del total de hule que se consume, 63.3% fue sintético y 36.7% fue natural. La Industria Nacional de Autopartes, A. C. (INA, 2022) menciona que 4% de las autopartes producidas en la industria manufacturera de México son de plástico y hule, habiendo más de 2,000 empresas productoras de autopartes como lo es la empresa de estudio (Figura 7).

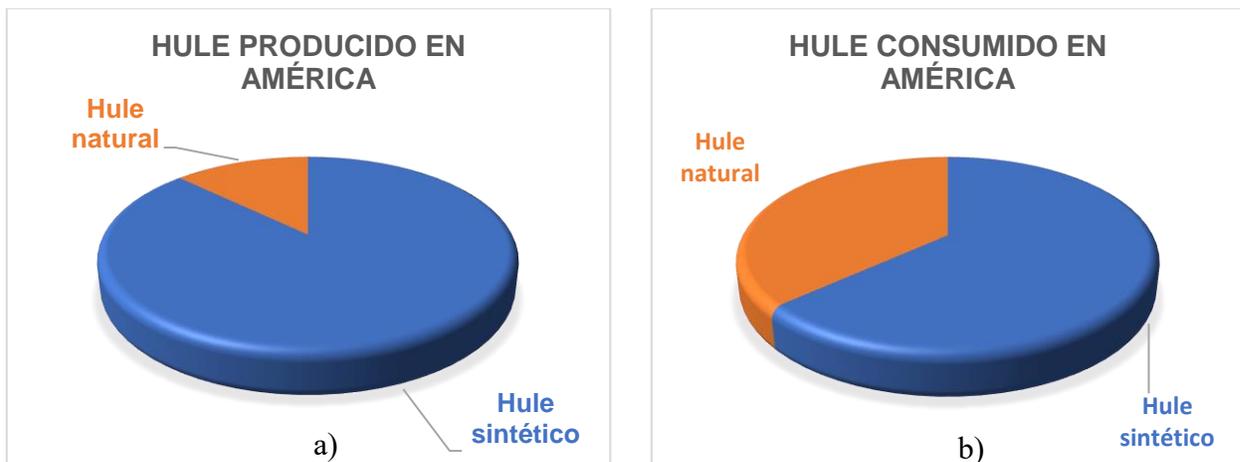


Figura 7. a) Hule producido en América y b) Hule consumido en América

Por otra parte, México se ha destacado por permanecer en el ranking de los diez países a nivel global que producen y exportan vehículos y autopartes (Pineda, 2023). En ese sentido, “se han desarrollado grandes clústers de fabricación en las regiones norte y centro principalmente, e

importantes redes de distribución en todo el país” (Gachúz & Montes, 2020, p. 69). Querétaro es uno de los estados de la República Mexicana que ha avanzado fuertemente en la industria de autopartes (Arciniega, 2022).

Las empresas productoras de autopartes se enfrentan al desafío de la competencia y la llegada de nuevas exigencias del mercado automotriz; en ese tenor, existen condiciones que atender, entre las que se encuentran la búsqueda de una base de proveeduría sólida, infraestructura moderna con servicios empresariales, la identificación de actividades en las que habrán de especializarse, encontrar el personal calificado con las competencias necesarias y mantener clara una ruta para mejorar sus procesos (Bancomext, 2021).

Del mismo modo, las empresas buscan mejorar su desempeño y productividad a través de nuevas estrategias y estándares de calidad (Nestic *et al.*, 2019). La industria automotriz y de autopartes se apoya de diversas prácticas que le permiten avanzar en esta materia conduciendo a las organizaciones hacia resultados positivos (Fontalbo *et al.*, 2017). Por lo tanto, la gestión de la calidad es un área que en las últimas décadas ha tenido mayor importancia por los procesos complejos que se presentan en la producción.

La calidad se encuentra asociada a la mejora de los procesos, tanto los de producción como los organizacionales. De tal forma que a través de las herramientas de calidad se busca que funcionen adecuadamente y se atiendan los problemas que se presentan tales como la falta de información o información incompleta, los malos procedimientos de trabajo, desperdicio de recursos y la ausencia de sistemas de control, entre otros (Prieto, 2018). Como sugieren, López *et al.* (2018, p. 39) “la calidad se logra en la medida en que la organización sabe estudiar los procesos y mantenerlos bajo control”; y para que esto se logre habrá que integrar también a los individuos que se encuentran cerca de los procesos, definiendo y redefiniendo las acciones que garanticen el cumplimiento eficaz de las metas en la búsqueda de la calidad total.

Así entonces, si los procedimientos de trabajo están alineados a la gestión de la calidad se garantiza la consistencia en la producción, la entrega de productos de alta calidad y el cumplimiento normativo, aumenta la eficiencia operativa, se minimiza el desperdicio de recursos, se ahorra tiempo y dinero, se forman nuevos trabajadores y se desarrolla el personal, se facilita la supervisión

y la evaluación del rendimiento. Pero, además los procedimientos de trabajo documentados sirven como base para la mejora continua.

Los procesos de mantenimiento son esenciales como parte de la eficiencia organizacional, ya que responden al correcto funcionamiento de los sistemas de producción para alcanzar el nivel de calidad requerido en los productos. El proceso de mantenimiento impacta en otros procesos de la empresa; de tal forma, que representa una función primordial para el aprovechamiento de recursos, consumo de energía y seguridad, entre otros (Franciosi *et al.*, 2019).

En el campo de la ingeniería de la calidad y la productividad se requiere el análisis de los procesos de manufactura, los procedimientos de trabajo y los procesos de mantenimiento que la industria lleva a cabo; ya que frente a los avances tecnológicos, riesgos de seguridad, formas de trabajo y equipos más inteligentes, así como de los daños ambientales que genera la industria, los procesos deben ser cada vez más estandarizados, se debe ofrecer mayor educación y capacitación para aumentar las competencias de los trabajadores, diseñar procedimientos de trabajo más inteligentes, planificar los mantenimientos con un enfoque holístico que optimice todo el sistema de fabricación y cumplir con la legislación y los estándares de sustentabilidad ambiental para que cada vez se genere menos contaminación, contribuyendo a la conservación ambiental (Bokrantz *et al.*, 2017).

Los consultores como ATM Natura (2021) atribuyen que las empresas en variadas ocasiones seleccionan proveedores para reducir sus costos de operación sin considerar la calidad de sus productos o la satisfacción del cliente. También mencionan que la Norma ISO 9000 nació con el fin de gestionar la calidad de productos, por lo que se hace más complicada su implantación si se trata de controlar servicios.

Esta investigación es de relevancia porque proporcionará evidencia de los problemas que se presentan en la realidad industrial en el contexto de la producción de autopartes; además, contribuirá al conocimiento en torno a la gestión de la calidad, los procedimientos de trabajo y procesos de mantenimiento, incluyendo la perspectiva ambiental.

V. HIPÓTESIS

La estandarización del proceso de purgado en las máquinas LWB 270 por medio de dos hojas de operación estándar en cumplimiento del sistema de gestión de calidad, reducirá el desperdicio de hule de proceso y el uso de hule blanco al 50 %.

VI. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Desarrollar dos hojas de operación estándar para homogeneizar el procedimiento de purgado en las máquinas LWB 270 de una empresa automotriz para reducir los costos y disminuir el desperdicio, sin comprometer la calidad o seguridad de los productos, que aumente la rentabilidad y competitividad en el mercado.

2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del presente proyecto son los siguientes:

- Obtener información del proceso de purgado mediante entrevistas a diferentes operadores.
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos del proceso de purgado que determine las máquinas y número de piezas que más paros presentan durante la producción.
- Generar dos hojas de procedimiento estándar con la información recopilada durante la realización de pruebas en máquinas y piezas seleccionadas.
- Determinar la disminución de desperdicio mediante el análisis de indicadores de producción y seguimiento en piso de los operadores.

VII. METODOLOGÍA

El presente proyecto se llevó a cabo por parte del área de mejora continua con apoyo del área de ingeniería y producción en una empresa líder en soluciones de NHV para el sector automotriz que elabora piezas de hule para el chasis y el tren motriz ubicada en el parque industrial El Marqués, en el estado de Querétaro durante el periodo de septiembre del 2023 a abril del 2024. A continuación, se muestra un diagrama metodológico de la investigación realizada (Figura 8).

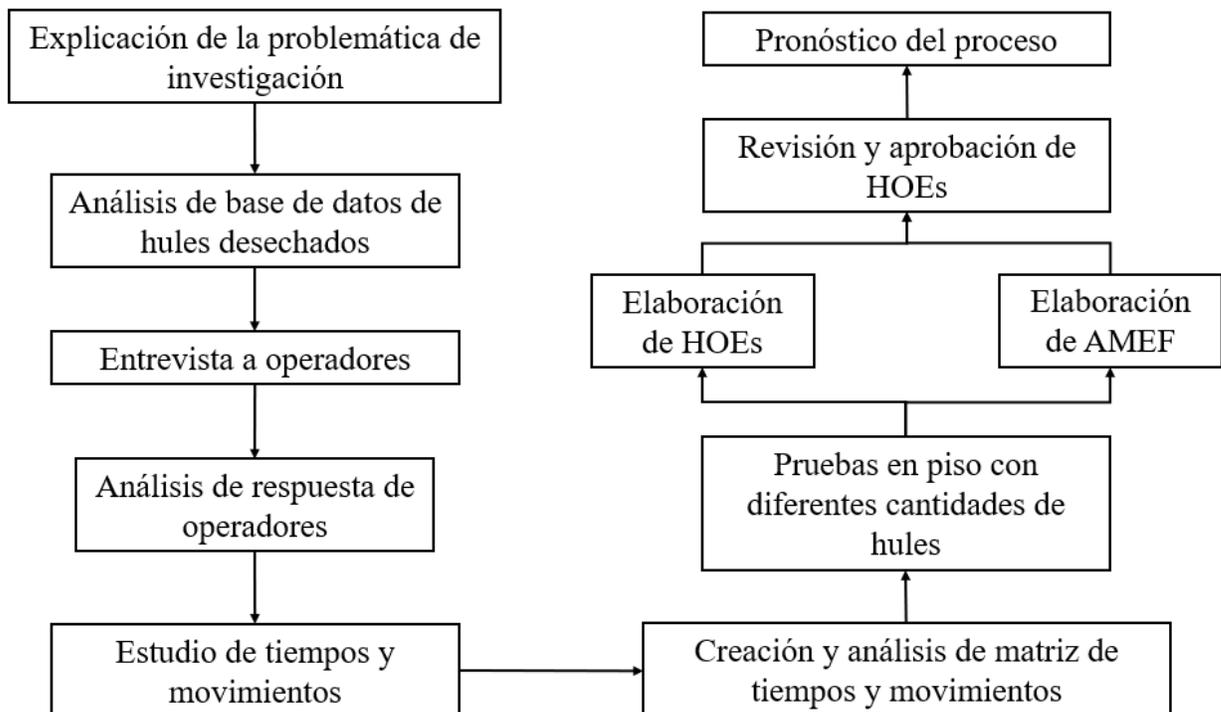


Figura 8. Metodología

El día 14 de septiembre del 2023 se ingresó a piso, para conocer y entender el proceso de inyección y moldeo de hule en la empresa automotriz de estudio. El ingeniero de proceso explicó a detalle el funcionamiento de las inyectoras LWB 100, DESMA 100, REP 160, DESMA 250, LWB 270, REP 300 y REP 500, así como, las diferentes deficiencias de los procesos. Una vez entendido el proceso y sus carencias, fue posible observar que no se tenían bien establecido el método de purgado en la maquinaria por lo que se propuso realizar una mejor descripción de los pasos a seguir y lograr la estandarización de esta actividad.

Por parte de la planta, se compartieron las cantidades desperdiciadas de materiales en los diferentes procesos ejecutados en cuanto a volumen y costo. Con esta base de datos se pudo realizar un análisis de las causas principales de material desechado obteniendo un Diagrama de Pareto como resultado para así, poder rastrear los números de parte que se fabrican con este material. Se identificó que los hules 409457, 406835, 411795, 410885, 411798 y 411796 eran los más desperdiciados y que algunos de ellos son los más costosos.

El día 15 y 16 de septiembre se realizaron una serie de preguntas al personal operador de las siete diferentes inyectoras con las que cuenta la empresa de estudio de forma aleatoria, con la finalidad de entender a profundidad los problemas existentes en el procedimiento de purgado. Las preguntas realizadas durante la entrevista fueron las siguientes:

- ¿Cuándo debe realizarse la purga?
- ¿Cuántas veces se tiene que purgar la máquina?
- ¿Cuántos kilogramos de hule purgas (hule negro y hule blanco)?

Una vez obtenida esta información, se realizó una matriz con las diferentes respuestas de los operados (ANEXO 1) y se determinó que no existía una homogeneidad en sus respuestas por lo que se optó en realizarse un estudio de tiempos y movimientos, que tuvo la duración de un mes, para así, determinar las discrepancias entre los métodos de purgado que realiza cada operador en cada una de las siete máquinas con las que cuenta la planta.

El estudio de tiempos y movimientos se basa en descomponer el proceso que cada operador sigue en una serie de movimientos elementales, por lo tanto, se llevó a cabo la grabación de los procesos de purga posibles durante en los cambios de turno e inicios de turno (lunes) para poder determinar si existían movimientos que entorpecen la facilidad y sencillez del proceso y poder determinar el tiempo que cada empleado requería para realizar cada movimiento.

La grabación del procedimiento de purgado se comenzó cuando el operador baja la placa superior del molde y se terminó cuando el operador sube esta misma placa superior para comenzar con sus labores normales. Por otro lado, se tomó nota del día en que se realizó la grabación, el nombre del operador, el identificador de la máquina, el número de parte y la cantidad de hule purgado. Este último paso se realizó con una balanza calibrada marca OHAUS, modelo Ranger count 3000, con capacidad de 50 g. a 30 kg. y de división mínima de 0.00001 g.

Con la información anterior se creó una matriz en la cual se colocó el tipo de máquina, nombre del operador, cantidad de hule purgado, movimiento realizado y el tiempo de duración de cada movimiento (ANEXO 2). Y, una vez obtenida esta matriz, se analizó la información recabada con el gerente de mejora continua para determinar cuál es el problema principal y como se procedería a eliminarlo.

Se expusieron los resultados encontrados durante el estudio de tiempos y movimientos al área de producción, ingeniería y medio ambiente para concientizarlos del problema que presenta actualmente la empresa y así, poder obtener su apoyo para llevar a cabo las pruebas en máquina con la finalidad de desarrollar una nueva hoja de operación estándar (HOE) del proceso de purgado y lograr eliminar las inconsistencias en el método. Se determinó que las pruebas comenzarían con la máquina más usada en la planta, es decir, la inyectora LWB 270 y con los números de parte 1103 y 353 ya que estos presentan más problemas durante su producción. La HOE se realizó con el apoyo de un ingeniero en procesos, quien fue el operó la máquina LWB 270 para poder realizar las pruebas en piso.

Se realizaron cuatro pruebas en la máquina LWB 270, dos con el número de parte 1103 y dos con el número de parte 353 con la finalidad de determinar el método más rápido y fácil para realizar el proceso de purgado al inicio y termino de turno. Las condiciones de prueba del primer número de parte se repitieron con el segundo número de parte para poder determinar si se podía realizar un mismo método de purgado para ambos números de parte. Se determinó que se podía implementar el mismo proceso de purgado para ambos números de parte.

Se realizó la grabación de cada una de estas pruebas y se determinó cuál es el mejor método, posteriormente, se procedió a la creación de dos hojas de operación estándar, una para la colocación de hule negro y otra para la colocación de hule blanco, en las cuales se describió en texto paso a paso que botón, botón touch o movimiento se debe realizar con apoyo visual para cada paso (imagen guía). Esta información se colocó en una plantilla proporcionada por la industria que se está investigando, la cual cuenta con la información solicitada por el punto 7.5.2 Creación y actualización de la ISO 9001:2015. A la par se elaboró un análisis de modos y efecto de fallas (AMEF) para detectar las posibles fallas del proceso de purgado e identificar las consecuencias de dichas fallas.

Se estableció una colaboración con el departamento de ingeniería para asegurar la precisión y relevancia de la información contenida en cada HOE y así, poder obtener la aprobación de los documentos. Esta colaboración permitió una retroalimentación efectiva, donde el equipo de ingeniería brindó aportes y sugerencias para mejorar la calidad y claridad de los documentos. Una vez finalizada la revisión y aprobación de los HOE, el equipo de ingeniería se encargó de la capacitación y la implementación de los documentos en el resto de los números de partes procesadas en las máquinas LWB 270. La colaboración entre los departamentos fue fundamental para garantizar la alineación y el éxito en la implementación de los nuevos procedimientos operativos que podrán ser observados en la parte de resultados.

La implementación de los documentos se realizó en el mes de marzo de 2024, pudiéndose hacer el seguimiento de marzo y abril del mismo año. Sin embargo, era necesario tener un pronóstico del gasto de hule para estimar la cantidad requerida de hule blanco en los siguientes meses optándose por el uso de la función “previsión” de Excel. En esta función solicitan dos series de datos, una serie con entradas de fecha para la escala de tiempo y otra con los valores correspondientes a la cantidad de hule purgado, se seleccionaron las dos series y se eligió la función “hoja de previsión” en la pestaña de datos, al instante se muestra la pestaña de “crear hoja de cálculo de pronóstico” en la cual se seleccionó la gráfica de barras, ago-24 como fecha fin de la previsión y 95 % como intervalo de confianza dando como resultado un histograma con límites de confianza inferior y superior.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Entrevista

En el marco de la investigación sobre el proceso de purga en la planta de producción, se realizó una serie de preguntas a los operadores de las máquinas del segundo turno. Estas entrevistas se centraron en obtener información para visualizar las discrepancias entre los procesos de purgado que realizaba cada uno de ellos. A continuación, se presentan las respuestas proporcionadas por los operadores. Para la pregunta 1 se obtuvo la siguiente información mostrada en la Figura 9.

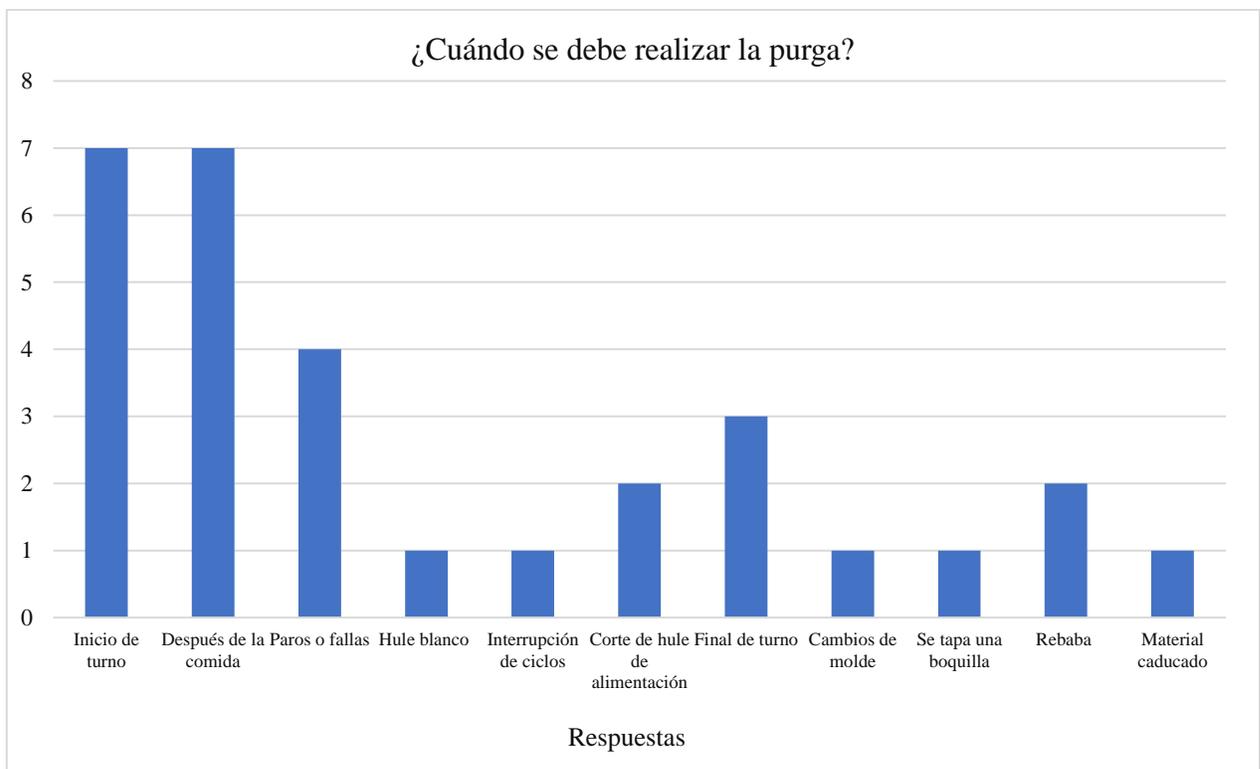


Figura 9. Respuestas obtenidas

Para la segunda pregunta se obtuvieron únicamente dos respuestas: hasta que el hule se observe con una consistencia adecuada y de 1 a 3 veces dependiendo de la razón de purga; en la tercera pregunta se obtuvieron las siguientes respuestas:

- Hule negro: no se sabe ya que no le dan importancia a la cantidad de hule durante el proceso, sino que hasta el final de su turno se pesa el total del hule purgado.
- Hule blanco: 1 metro aproximadamente.

Con base en esta información fue posible deducir que el proceso de purga no estaba estandarizado ya que cada operador tiene información distinta por lo que se procedió a observar más a detalle los procesos de purgado.

2. Estudio de tiempos y movimientos

Como resultado de este estudio se obtuvo una matriz con 31 procesos, en la cual se colocó número de máquina, nombre del operador, cantidad purgada en kilogramos, descripción de cada paso o movimiento realizado y el tiempo que duro cada paso, tiempo total y comentarios sobre el proceso. Posteriormente, se hicieron matrices por tipo de máquina para poder realizar una comparación entre la cantidad de movimientos y el tiempo que cada operador se lleva en purgar. Cabe resaltar que se hizo la comparación de procesos que tuvieran las mismas causas de purgado, distinto motivo de purgado y procesos que realizó el mismo operador.

Los resultados obtenidos de forma resumida son los mostrados en el Cuadro 3, se omite el nombre de los operadores ya que es información confidencial:

Cuadro 3. Resultados del estudio de tiempos y movimientos

<i>Máquina</i>	<i>Cantidad purgada (kg)</i>	<i>Número de movimientos</i>	<i>Tiempo total (s)</i>
LWB100-06	0.496	56	150
LBW 100-05	0.181	27	148
LWB 100-07	0.565	53	181
DESMA 100-02	0.381	13	47
DESMA 100-03	0.989	16	125
DESMA 100-06	0.166	10	37
DESMA 100-05	0.054	20	41
REP 160-05	1.276	15	257
REP 160-05	0.732	18	572
REP 160-04	0.071	14	38
REP 160-05	0.14	22	90
REP 160-05	0.098	12	27
DESMA 250-04	2.295	44	315
DESMA 250-03	0.576	26	142

LWB 270-02	0.763	24	91
LWB 270-01	0.292	12	31
LWB 270-04	0.316	22	53
LWB 270-03	1.222	32	366
LWB 270-01	0.24	18	37
LWB 270-10	0.133	15	29
LWB 270-05	0.581	16	44
LWB 270-09	0.219	29	132
LWB 270-10	108	12	27
LWB 270-05	1.169	34	111
REP 300-02	2.31	65	1067
REP 300-01	2.831	23	156
REP 500-03	12.797	29	539
REP 500-01	0.609	10	65
REP 500-03	2.319	23	371
REP 500-04	0.411	23	94
REP 500-02	6.697	9	386

Fuente: elaboración propia

Como se observa en el Cuadro anterior, los procesos de purga son muy diferentes entre sí aunque tengan el mismo motivo de purga e incluso el mismo operador, la cantidad de pasos, la cantidad purgada y el tiempo total no tienen similitud por lo que se determinó que es necesario crear una nueva hoja de operación estándar con información más detallada y específica y así, homogeneizar los pasos y tiempos para hacer más rápido y sencillo este proceso al igual que, eliminar el desperdicio de hule y de tiempo hombre-maquina.

3. Pruebas en piso

Los resultados obtenidos durante la elaboración de las tres pruebas en piso en la máquina LWB 270 con el ingeniero de procesos, haciendo primeramente el proceso de purgado con hule blanco y posteriormente, el proceso de purgado con hule negro fueron los que se muestran a continuación en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Pruebas en piso

No. de prueba	1	2	3	4
Fecha:	11-oct-23	12-oct-23	17-oct-23	16-feb-24
Máquina:	LWB 270-02	LWB 270-02	LWB 270-04	LWB 270-06
No. de parte:	353	353	1103	1103
Tipo de hule:	4068356	4068356	409457	409457
Hule blanco utilizado (kg):	11.711	15.414	9.928	0.565
Hule blanco utilizado (m):	NE	30	20	0.5
Hule total purgado (kg):	12.044	15.364	10.563	NE
Dosificación utilizada (ccm):	685	2000	2500	NE
Total de purgas realizadas:	14	8	4	NE

NE: no especificado

Fuente de elaboración propia.

Como es posible observar en el cuadro anterior, la prueba número 3 fue la más eficaz, debido a que se realizaron 4 purgas con dosificación de 2500 ccm, además, fue la prueba con la que se utilizó menor cantidad de metros de hule blanco (20m). Sin embargo, este aumento de dosificación causó inconvenientes en la operación de las inyectoras ya que era necesario llamar a la persona de ajuste de parámetros alentado el proceso y causando confusión en los parámetros de operación por lo que se determinó que el proceso de purgado se realizaría conforme a la prueba número 1, la cual mantiene los parámetros de operación.

En el caso del procedimiento de purga con hule blanco, se determinó que las pruebas realizadas en el mes de octubre se estaban realizando con mayor cantidad de la utilizada normalmente en el proceso, es decir 1 metro. Nuevamente, se consultó con los operadores y con los supervisores cual era la mínima cantidad de hule blanco que habían utilizado para purgar las máquinas, obteniéndose como respuesta que 0.5 m. Con base en lo anterior, se decidió utilizar esta cantidad (0.5 m) de hule blanco y observar el funcionamiento de la máquina. Posteriormente a la ejecución de esta prueba, se dejó la inyectora detenida por dos días, al día tres se puso en funcionamiento y se observó que no existían cavidades tapadas determinándose que esta prueba fue exitosa.

4. Análisis de modos y efecto de falla

En este análisis, se examina el proceso de purgado de las inyectoras LWB 270 dentro de una empresa de autoparte desde la identificación de modos de falla potenciales hasta la evaluación de sus efectos y la implementación de medidas preventivas. A continuación, en el Cuadro 5 se presenta dicho análisis.

Cuadro 5. AMEF del proceso de purgado de la inyectora LWB 270

No.	Paso del Proceso	Modo de falla potencial	Efecto de la falla potencial	Causa potencial	Controles actuales	Severidad	Probabilidad	Detección	NPR	Nivel de Riesgo
1	Paro de máquinas LWB 270	Se tape algún punto de inyección	Desmontar el molde para destapar el punto de inyección	La cantidad de hule blanco colocado no es suficiente.	No se tiene ningún control documental.	2	3	3	18	Alto
2		Se vulcanice el hule en el inyector	Paro inesperado en la línea. Acciones por parte de mantenimiento		No se tiene ningún control documental.	2	4	1	8	Bajo
3		Desperdicio de hule negro	No se eliminó correctamente el hule blanco en la purga	No se tiene ningún control documental.	2	3	2	12	Medio	
4		Desperdicio de tiempo hombre-máquina	No se conoce correctamente el procedimiento para realizar las purgas en máquina	Se cuenta con una SOS con paso básicos.	2	4	3	24	Alto	
5		Realizar nuevamente el ciclo en vacío	No se revisó que la última purga tenía presencia de hule blanco	No se tiene ningún control documental.	2	2	3	12	Medio	

Fuente: elaboración propia

Para la evaluación sistemática y visual de los riesgos asociados con el proyecto se realizó una matriz de clasificación de riesgos, la cual es una guía clara para asignar el nivel de probabilidad, severidad y detección a cada riesgo. A continuación, en el Cuadro 6 se muestra esta matriz de clasificación de riesgos que se siguió para evaluar los riesgos encontrados en el proceso.

Cuadro 6. Matriz de clasificación de riesgos

Valor asignado	Severidad	Probabilidad	Detección
1	Menor	Poco probable	Se detecta el 100% de las veces
2	Temporal	Moderado	Se detecta el 75% de las veces
3	Permanente	Probable	Se detecta el 50% de las veces
4	Mortalidad	Casi seguro	Se detecta el 25% de las veces
5	Catastrófico	Seguro	No se puede detectar

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el cuadro 3, es posible observar que los riesgos más altos son que se tape algún punto de inyección y que se encuentre hule blanco en el ciclo en vacío ya que el efecto que tienen estas fallas es la detención y atraso de las líneas de producción, lo cual se traduce en pérdidas para la empresa tanto económicas como de tiempo hombre-maquina y que, si ocurren, no hay forma de que las consecuencias sean distintas. Para el caso de los modos de falla con riesgo medio, se tiene que se encuentre hule blanco en el ciclo en vacío, pero con efectos diferentes, es decir, que se desperdicie hule negro y que se realice otro ciclo en vacío que, aunque conllevan pérdida de tiempo y gasto innecesario de materia prima, se solucionan de manera rápida sin causar demoras en las líneas de producción. Por último, se tiene el modo de falla de que se vulcanice hule en el inyector que presenta un riesgo menor debido a que los operadores ya tienen determinados los momentos en que tienen que purgar para que esto no pase, sin embargo, esto no está documentado por lo que representa un riesgo.

5. Hoja de operación estándar

A continuación, se muestran las hojas de operación estándar detalladas para guiar adecuadamente a los operadores en cada etapa del proceso de purgado con hule blanco y hule negro. El objetivo principal de estos documentos es proporcionar instrucciones claras y precisas que permitan a los

operadores llevar a cabo el purgado de manera consistente y eficiente, minimizando así el riesgo de defectos en las piezas y maximizando el rendimiento de la máquina. Al estandarizar este proceso, se busca optimizar la producción y reducir al mínimo los tiempos de inactividad no planificados. Este documento servirá como una guía práctica y confiable para garantizar la consistencia y la excelencia en la producción de piezas de hule blanco mediante el proceso de purgado en inyectoras LWB 270.

5.1 Colocación de hule blanco

A continuación, en el Cuadro 7 se muestra un resumen de la Hoja de Operación Estándar para la colocación de hule blanco en las máquinas LWB 270, en él se describe las actividades de forma consecutiva que el operador tiene que seguir para cambiar de hule negro a hule blanco al final de su turno o en caso de paro prolongado de la inyectora. Por cada actividad se menciona el qué se va a hacer, cómo se va a hacer y el por qué se va a hacer para que el operador comprenda el valor de su colaboración en estos procesos. Además, en la HOE entregada a la empresa se cuenta con ayudas visuales para que llevar a cabo la actividad sea más sencillo y se detallan las herramientas y equipo de protección personal que debe usarse para esta actividad (ANEXO 3).

Cuadro 7. Colocación de hule blanco

¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿POR QUÉ?
Corte de hule negro	En el último ciclo antes de que la máquina comience a comer, apagar la alimentación. Posteriormente cortar en diagonal el hule negro que se está alimentando a la máquina LWB 270. El corte se debe hacer lo más pegado posible a la entrada de alimentación de la máquina.	Para no desperdiciar hule de proceso y no aumentar el scrap.
Alimentación de la máquina	Colocar la máquina en automático mediante el switch auto/manual y presionar el botón 2 . Una vez iniciada la alimentación pasar la mano por los sensores a los costados de la máquina.	Para alimentar a la máquina de una forma más rápida y cómoda para el operador.
Abrir el molde	Una vez terminada la alimentación, colocar la máquina en manual mediante el switch auto/manual, presionar el botón 1 y presionar el botón 2 hasta que el molde se abra completamente, posteriormente presionar el botón 3 y presionar el botón 2 .	Para evitar que el hule se inyecte en los moldes y tape los puntos de inyección.

Bajar placa superior	Para bajar la placa superior oprimir el botón 4 y presionar el botón 2 hasta que la placa baje por completo.	
Nota	En caso de que al presionar el botón touch deseado, la flecha indicadora del movimiento de la parte de la máquina deseada se encuentre al contrario de lo que se requiere hacer, oprimir el botón retroceso antes de presionar el botón 2 . El sentido de la flecha debe cambiar.	Para que la máquina realice el movimiento que se desea hacer ya que no cuenta con botones distintos para subir o bajar sus componentes.
Purgado	Presionar el botón 5 y posteriormente, presionar el botón 2 hasta que en la pantalla se vea la leyenda "sobre molde". Presionar el botón 6 y posteriormente, presionar el botón 2 hasta que la dosificac. muestre el valor de 0 ccm.	Para remover el hule negro de la máquina.
Remoción del hule purgado	Tomar el hule purgado de la parte superior (salida del hule) y tirar hacia abajo. Repetir este paso con cada uno de los puntos de inyección y colocar el hule purgado en el contenedor negro identificado como hule no vulcanizado.	Para evitar que queden residuos de hule negro y se vulcanicen con la temperatura.
Agotamiento de hule negro	Repetir los pasos 2, 6 y 7 hasta que se agote el hule negro alimentado a la máquina. Anotar en el reporte la cantidad en kg de hule negro purgado	Para eliminar la mayor cantidad de hule y que quede mayormente hule blanco en la máquina.
Tomar hule blanco	Tomar aproximadamente 1 m de hule blanco y pesarlos en una báscula. Anotar en el reporte la cantidad en kg de hule blanco tomado.	Es la cantidad que se requieren para realizar la purga de la máquina con hule blanco.
Colocar hule blanco	Colocar el hule blanco en la entrada del husillo e irlo empujando hasta que la máquina succione por si sola el hule. Una vez iniciada la alimentación pasar la mano por los sensores a los costados de la máquina.	Para que la máquina no se tape durante el tiempo de paro ya que el hule blanco no se vulcaniza.
Alimentación de hule blanco y purgado	Repetir los pasos 3, 6 y 7 pero ahora con el hule blanco alimentado.	Para alimentar a la máquina con el hule blanco.

Ultima purga	Una vez que se haya consumido el total del hule blanco, retirar la purga como se indica en 8. En esta última purga debe observarse la mezcla de hules (blanco en el interior y negro en el exterior).	Para evitar tener problemas de obstrucción de cavidades al momento del inicio de turno.
Separación de residuos	El hule mezclado obtenido del paso 12 será colocado en el contenedor rojo identificado como MEZCLA DE HULES.	Como la mezcla de hules no se pesa, se requiere tener un control del hule blanco que se utiliza.
Separación de la unidad de inyección	Presionar el botón 5 y posteriormente, presionar el botón 2.	Para evitar la transferencia de calor del molde hacia la unidad de inyección.

Fuente: elaboración propia

5.2 Colocación de hule negro

A continuación, en el Cuadro 8 se muestra un resumen de la Hoja de Operación Estándar para la colocación de hule negro en las máquinas LWB 270 en ella se describe las actividades de forma consecutiva que el operador tiene que seguir para cambiar de hule blanco a hule negro al inicio de su turno. Por cada actividad se menciona el qué se va a hacer, cómo se va a hacer y por qué se va a hacer para que el operador comprenda el valor de su colaboración en estos procesos, además se cuenta con ayudas visuales para que llevar a cabo la actividad sea más sencillo. Además, en la HOE entregada a la empresa se cuenta con ayudas visuales para que llevar a cabo la actividad sea más sencillo y se detallan las herramientas y equipo de protección personal debe usarse para esta actividad (ANEXO 4).

Anteriormente se contaba con una HOE con dos pasos para realizar la actividad, sin embargo, esto permitía que cada operador hiciera el proceso a consciencia optándose por desarrollar las hojas mostradas en la presente tesis y estandarizar el proceso.

Cuadro 8. Colocación de hule negro

¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿POR QUÉ?
Alimentación de la máquina	Colocar la máquina en automático posicionando el switch auto/manual en vertical y presionar el botón 2.	Para alimentar a la máquina de una forma más rápida y cómoda para el operador.
Colocación de hule negro	Tomar el inicio de una tira de hule negro, colocarlo en la entrada de la alimentación de la máquina e ir empujando poco a poco la tira hasta que la inyectora succione el hule. Una vez iniciada la alimentación de hule negro, pasar la mano por los sensores a los costados de la máquina.	Para introducir el hule negro en la máquina.
Abrir el molde	Una vez terminada la alimentación, colocar la máquina en manual mediante el switch auto/manual, presionar el botón 1 y presionar el botón 2 hasta que el molde se abra completamente, posteriormente presionar el botón 3 y presionar el botón 2.	Para evitar que el hule se inyecte en los moldes y tape los puntos de inyección.
Bajar placa superior	Para bajar la placa superior oprimir el botón 4 y presionar el botón 2 hasta que la placa baje por completo.	
Nota	En caso de que al presionar el botón touch deseado, la flecha indicadora del movimiento de la parte de la máquina deseada se encuentre al contrario de lo que se requiere hacer, oprimir el botón retroceso antes de presionar el botón 2. El sentido de la flecha debe cambiar.	Para que la máquina realice el movimiento que se desea hacer ya que no cuenta con botones distintos para subir o bajar sus componentes.
Purgado	Presionar el botón 5 y posteriormente, presionar el botón 2 hasta que en la pantalla se vea la leyenda "sobre molde". Presionar el botón 6 y posteriormente, presionar el botón 2 hasta que la dosificac. muestre el valor de 0 ccm.	Para remover la mezcla de hules de la máquina.

Remoción del hule purgado	Tomar el hule purgado de la parte superior (salida del hule) y tirar hacia abajo. Repetir este paso con cada uno de los puntos de inyección y colocar el hule purgado en el contenedor negro identificado como hule no vulcanizado.	Para evitar que se queden residuos de hule negro y se vulcanicen con la temperatura.
Eliminación del hule blanco	Repetir los pasos 1, 6 y 7 dos veces más.	Para eliminar el hule blanco que quedo dentro de la máquina.
Verificación de la última purga	Revisar que en la tercera y última purga no se observa mezcla de hules (hule blanco con hule negro) sino que solo se observe hule negro.	Se debe asegurar que la mezcla de hule final tiene la consistencia adecuada para evitar tener problemas al momento del inicio de turno.
Separación de residuos	El hule mezclado obtenido será colocado en el contenedor rojo identificado como MEZCLA DE HULES.	Como la mezcla de hules no se pesa, se requiere tener un control del hule blanco que se utiliza.
Ciclo en vacío	Realizar un ciclo en vacío y verificar que ya no se observe presencia de hule blanco. Si se continúa percibiendo residuos de hule blanco, realizar otro ciclo en vacío y volver a revisar.	Para asegurar que el hule blanco se eliminó por completo de la máquina.

Fuente: elaboración propia

6. Mejoras en el proceso

Una vez implementadas las hojas de operación estándar para ambos hules (blanco y negro) por el área de mejora continua y el área de ingeniería durante el mes de abril, se hizo la revisión en el sistema SAP de la planta y se obtuvo que el desperdicio de hule negro en el mes de abril con respecto al mes de marzo hubo una reducción del 32 %. Sin embargo, obteniéndose un promedio del desperdicio desde enero del 2023 a marzo del 2024, en el mes de abril se redujo en un 48.5 % el desperdicio de hule negro (Figura 10).

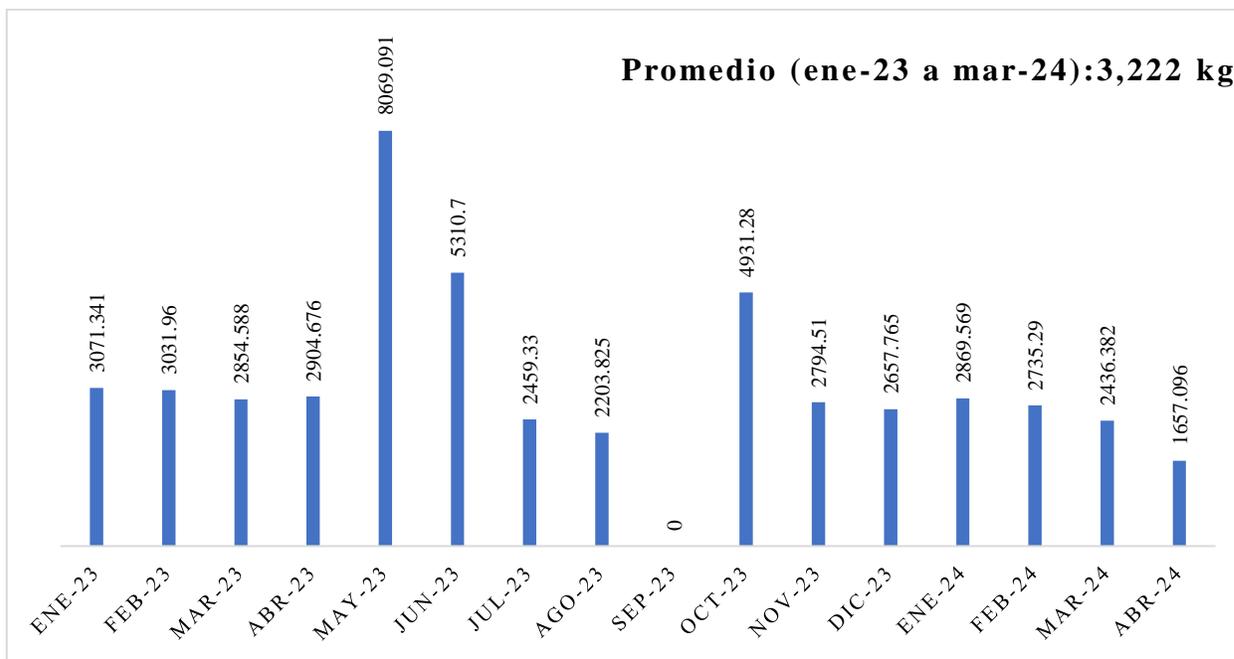


Figura 10. Resultado de la implementación del proyecto

En la Figura 10 es posible observar que el desperdicio de hule negro se encuentra por encima de 2000 kg en todos los meses, exceptuando el mes de abril de 2024, llegando a alcanzar las 8 toneladas en el mes de mayo de 2023, cantidad que cuadriplica el desperdicio común de la planta. Por otro lado, en el mes de septiembre de 2023 se presenta la cantidad de 0 kg ya que no se cuenta con datos del desecho de hule negro. En el mes de abril de 2024 es el único mes que se encuentra por debajo de las 2 toneladas ya que es el mes donde se implementaron las HOEs indicando que su puesta operación funcionó correctamente.

En cuanto al hule blanco, se logró reducir su consumo en un 50% aproximadamente, ya que como se mencionó anteriormente, no se tiene con exactitud las medidas utilizadas en la purga de las máquinas. De igual forma la purga al inicio y fin de máquina logró estandarizarse con éxito.

6.1 Previsión de la tendencia de los datos

Debido a que solo se cuenta con un dato como resultado del proyecto, fue necesario buscar una función que permita predecir los valores de los siguientes meses para observar si realmente el proyecto implementado tendrá un cambio significativo en la planta. La función seleccionada fue la

función “FORECAST” en Excel, la cual realiza exactamente lo que se busca, predecir valores futuros en datos existentes.

Como resultado de este análisis se obtuvo el siguiente Cuadro (Cuadro 9) y la siguiente Figura (Figura 11).

Cuadro 9. Previsión de desechos de hule

Escala de tiempo	Valores	Previsión	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
ene-23	3071.341			
feb-23	3031.96			
mar-23	2854.588			
abr-23	2904.676			
may-23	8069.091			
jun-23	5310.7			
jul-23	2459.33			
ago-23	2203.825			
sep-23	0			
oct-23	4931.28			
nov-23	2794.51			
dic-23	2657.765			
ene-24	2869.569			
feb-24	2735.29			
mar-24	2436.382			
abr-24	1657.096	1657.096	1657.10	1657.10
may-24		2040.28922	-1443.69	5524.27
jun-24		1935.53051	-1566.18	5437.24
jul-24		1830.7718	-1688.92	5350.46
ago-24		1726.01309	-1811.92	5263.95
sep-24		1621.25438	-1935.19	5177.70
oct-24		1516.49567	-2058.71	5091.70
nov-24		1411.73696	-2182.49	5005.97
dic-24		1306.97825	-2306.53	4920.49
dic-24		1205.59886	-2426.82	4838.02

Los valores devueltos por la función “FORECAST”, es decir, los valores de previsión son estimaciones de lo que sería el valor para cada mes faltante del año 2024. Si se observa el Cuadro

9, es posible determinar que, en los meses subsecuentes a la implementación de las HOE, el desecho de hule negro aumenta en el mes de mayo de 2024 y posteriormente, comienza a disminuir progresivamente hasta el término del año 2024, llegando en diciembre de 2024 a 1,205.59 kg de hule desechado, una reducción del 62.6% del desecho de hule no reciclable.

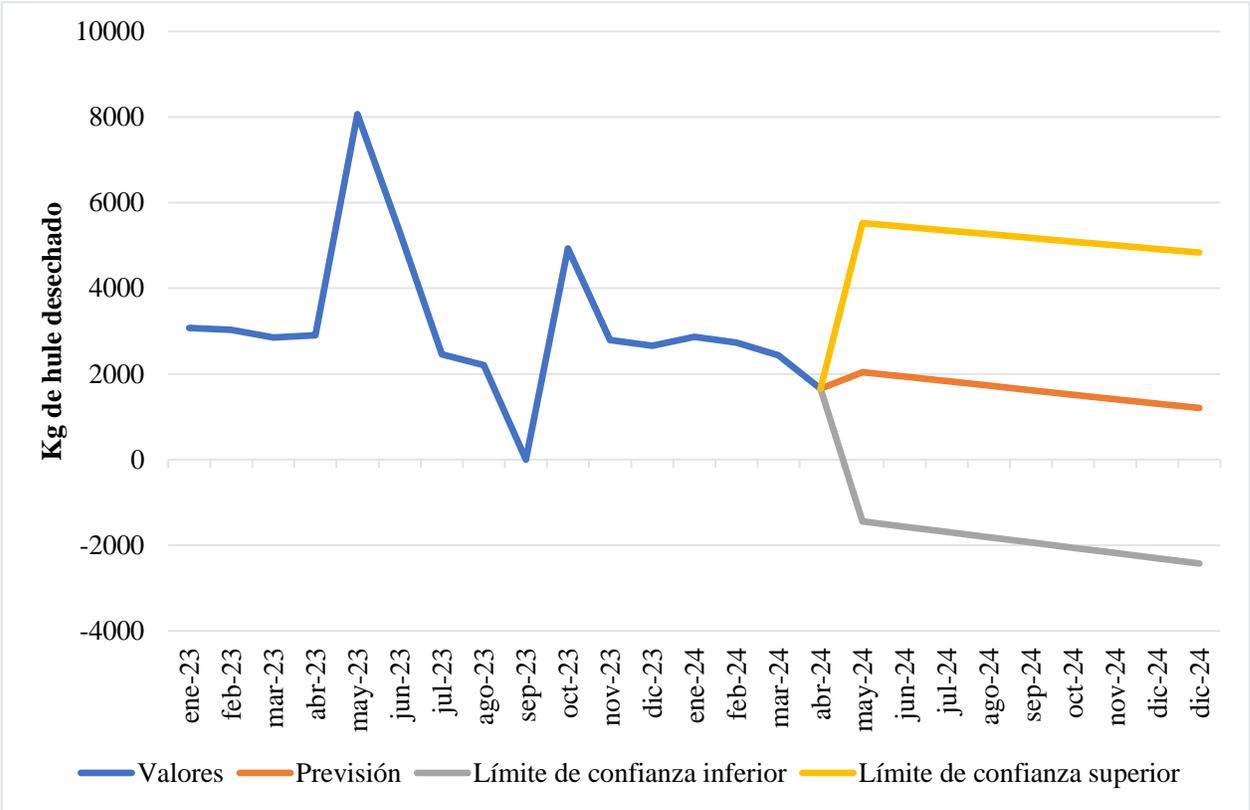


Figura 11. Previsión del desecho de hule a diciembre 2024

Por otro lado, es importante resaltar que los intervalos de confianza proporcionados por la función son bastante amplios debido a que los datos tomados para el análisis presentan variabilidad o fluctuaciones significativas y a que el tamaño de muestra es pequeño por lo que hay menor información disponible para hacer una estimación precisa, lo que significa que los valores pronosticados pueden variar dentro de estos rangos y que existe una baja certeza sobre la predicción realizada, es decir, que la cantidad de hule negro desechado por mes puede sobrepasar el promedio determinado (3,222 kg) en cualquier momento, lo cual podría demostrar que se requieren ajustes en las hojas de operación estándar, sin embargo, esa actividad la tendrá que desarrollar el área de ingeniería de la planta investigada. No obstante, al momento de la finalización de la presente investigación, la implementación de las HOE muestra resultados favorables.

IX. CONCLUSIONES

La industria automotriz en México es uno de los sectores económicos más relevantes y estratégicos del país, desempeñando un papel crucial tanto a nivel nacional como internacional. Representa cerca de la tercera parte de las exportaciones del país. La manufactura de autopartes se ha posicionado como elemento clave en la cadena de suministro global de la industria automotriz. Ha tenido un impacto significativo en el desarrollo regional, especialmente en el estado de Querétaro, el cual ha experimentado un notable crecimiento económico y mejoramiento de la infraestructura, gracias a la instalación de plantas y la expansión de la red de proveedores.

No obstante, a pesar de su importancia, la industria automotriz en Querétaro enfrenta desafíos como la necesidad de implementar prácticas de gestión de calidad para alcanzar la estandarización de los procesos, adaptarse a las nuevas tecnologías y cumplir con las demandas de sustentabilidad ambiental. Además, de aumentar la eficiencia operativa y ahorro de costos a lo largo de toda la cadena de producción.

En ese sentido, esta investigación se planteó atender la problemática identificada a través del cumplimiento de objetivos y la comprobación de hipótesis, los cuales fueron alcanzados con éxito a través de la implementación de un nuevo proceso de manera escalonada. Sin embargo, para lograr el proyecto, previamente, se realizó una revisión de literatura y se fundamentó conceptualmente el mismo; ello, permitió descubrir que la gestión de la calidad ha sido considerada de gran valor en las empresas manufactureras, ya que permite aprovechar, adaptar y transformar los productos y procesos, haciéndolos más eficientes y cumpliendo con lo solicitado. Igualmente, la gestión ambiental en el ámbito industrial contribuye en la conservación, cuidado y mejoramiento del ambiente a través de la implementación de normas y estándares.

El proyecto logró reducir el desecho de hule en las máquinas LWB 270 para las piezas 1103 y 353, con ello se demostró la efectividad de las estrategias implementadas provocando una mejor productividad; sin embargo, es importante mencionar que, aunque el proyecto haya alcanzado tres de sus objetivos, es importante mantener el compromiso con la reducción del desecho de hule a largo plazo. Esto puede implicar la implementación de medidas de seguimiento y monitoreo, así como la búsqueda de nuevas oportunidades de mejora continua, con lo cual se garantizan los requerimientos de seguridad, de la normatividad y, sobre todo, de lo solicitado por el cliente.

Por otro lado, el aumento de la eficiencia operativa permitió reducir el desperdicio de hule, provocando un impacto positivo en el medio ambiente, ya que al minimizar la cantidad de residuos se reduce la huella ecológica de la empresa, se reduce la contaminación del suelo y del agua, así como se reduce la necesidad de nuevos sitios de disposición de residuos. Asimismo, la reducción de la cantidad de hule utilizado en los procesos implica un menor consumo de recursos naturales ya que el caucho es uno no reciclable y que puede persistir en el medio ambiente durante años afectando a la flora y fauna locales.

Finalmente, los resultados obtenidos son una contribución de nuevo conocimiento en cuanto a los problemas presentados en la industria automotriz, a través de prácticas y estrategias de calidad para el mejoramiento ambiental.

X. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Vale la pena destacar algunas limitaciones de la investigación; primeramente, el estudio se llevó a cabo en una en una industria del sector privado por lo que el ingreso a la planta, así como el acceso a la información estuvieron condicionados por las políticas de privacidad. En ese sentido, el proyecto se desarrolló de acuerdo con el acceso permitido a las cantidades de hule negro desechado durante el periodo enero-agosto de 2023, y el costo unitario de cada tipo de hule natural utilizado en la planta. Se permitió la visualización y grabación únicamente de los procesos de purgado, por lo que los procesos de fabricación de autopartes no fueron considerados.

Por otra parte, la elaboración del análisis de modo y efectos de falla (AMEF) y el análisis de previsión del proceso se hicieron por parte de la investigadora, sin retroalimentación por parte de la empresa sobre la funcionalidad de las técnicas utilizadas. Las hojas de operación estándar realizadas en este proyecto fueron diseñadas por la investigadora, se realizaron observaciones y correcciones emitidas por el área de ingeniería, y posteriormente, se informó de la aceptación del documento vía correo electrónico y se dio por terminado el proyecto. Respecto a lo anterior, los hallazgos deben consultarse con discreción por ser parte de un proceso condicionado.

Por lo anteriormente mencionado se proponen como futuras líneas de investigación, el análisis e implementación de indicadores de proceso para determinar el beneficio de las hojas de operación estándar, así como la estandarización del 100% de las máquinas que se tienen en piso.

Igualmente, realizar estudios similares en otras empresas manufactureras de autopartes de hule que permitan comparar resultados para realizar propuestas viables y eficientes.

Ampliar los resultados con la finalidad de realizar proyecciones hacia una disminución de desperdicio que contribuya a la conservación del ambiente.

X. REFERENCIAS

- Abbas, J. (2020). Impact of total quality management on corporate green performance through the mediating role of corporate social responsibility. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118458
- Addis, S. (2020). An exploration of quality management practices in the manufacturing industry of Ethiopia, *The TQM Journal*, 32(1), 127-142. <https://doi.org/10.1108/TQM-01-2019-0031>
- Alonso, E., Ocegueda, V., & Castro, E. (2006). *Teoría de las Organizaciones*. Ediciones Umbral. 2006
- Andrews, R. D., Tobolsky, A. V., & Hanson, E. E. (1946). The Theory of Permanent Set at Elevated Temperatures in Natural and Synthetic Rubber Vulcanizates. *Journal of Applied Physics*, 17(5), 352–361.
- Ansari, A. H., Jakarni, F. M., Muniandy, R., Hassim, S., & Elahi, Z. (2021). Natural rubber as a renewable and sustainable bio-modifier for pavement applications: A review. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125727. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125727>
- Arciniega, R. S. (2022). La Industria de Autopartes en Querétaro: Proveedoras y Redes Productivas en el Contexto de una Nueva División Internacional del Trabajo. *Denarius*, 1(42), 69-104. <https://doi.org/10.24275/Arciniega>
- ATM Natura (2021). 7 ventajas y desventajas de implementar la ISO 9901. En: <https://atmnatura.es/7-ventajas-y-desventajas-de-implementar-la-iso-9001/>
- Bancomext (2021). Querétaro: Santuario de la industria de autopartes. <https://www.revistacomercioexterior.com/queretaro-santuario-de-la-industria-de-autopartes>
- Baltazar-Jiménez, L. B., Parrales, M. C., & González, M. A. G. (2023). Impacto de la Gestión de calidad en la productividad, una perspectiva desde la norma IATF-16949. *Administración y Organizaciones*, 26(50), 1-18.
- Basik, A. A., Sanglier, J. J., Yeo, C. T., & Sudesh, K. (2021). Microbial degradation of rubber: Actinobacteria. *Polymers*, 13(12), 1989. <https://doi.org/10.3390/polym13121989>
- Bastas, A., & Liyanage, K. (2018). Sustainable supply chain quality management: A systematic review. *Journal of cleaner production*, 181, 726-744. doi:10.1016/j.jclepro.2018.01.110

- Belcher, S. (2017). *Practical Extrusion Blow Molding*. Marcel Dekker Inc.
- Blackley, D. C. (2012). *Synthetic Rubbers: Their Chemistry and Technology*. Springer Science & Business Media.
- Bokobza, L. (2019). Natural rubber nanocomposites: A review. *Nanomaterials*, 9(1), 12. doi:[10.3390/nano9010012](https://doi.org/10.3390/nano9010012)
- Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., & Stahre, J. (2017). Maintenance in digitalised manufacturing: Delphi-based scenarios for 2030. *International Journal of Production Economics*, 191, 154-169. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.06.010>
- Bouton, T. C. (1992). *Rubber. In Riegel's handbook of industrial chemistry* (pp. 598-622). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Bucha, J., Danko, J., Milesich, T., Nemeč, T., & Magdolen, Ľ. (2022). Comparison of FEM Simulations of Rubber-Metal Mount Element. *Strojnícky časopis-Journal of Mechanical Engineering*, 72(1), 15-22. DOI:10.2478/scjme-2022-0002.
- Carballo-Mendivil, B. C., González, A. A., & Vázquez, N. J. R. (2018). La gestión de procesos esbeltos como principio de mejora.: Un caso aplicado a una comercializadora. *3c Empresa: investigación y pensamiento crítico*, 7(3), 60-81.
- Carrasco, M., Guerrero, J., Lazo, M., Adrián, E., Medina-Perilla, J. A., & Rigail-Cedeño, A. (2023). Evaluation of Processing Conditions in the Performance of Purging Compounds for Polypropylene Injection Molding. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 7(1), 31. <https://doi.org/10.3390/jmmp7010031>
- Carro, R., & González, D. A. (2012). *Administración de la calidad total*. Universidad Nacional del Mar del Plata.
- Castro, L., Rodríguez, J., & Real, J. C. (2010). *Procesos industriales para materiales no metálicos*. (2ª Edición). España: Vision Net.
- Chamorro Mera, A., Miranda González, F. J., Rubio Lacoba, S. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. Delta Publicaciones.
- Chan, C., Joy, J., Maria, H. & Thomas, S. (2014). Natural rubber-based composites and nanocomposites: state of the art, new challenges and opportunities. En: S., Thomas, C., Chan,

- L., Pothen, J., Joy, & Maria, H. (Eds). *Natural Rubber Materials, Volume 2: Composites and Nanocomposites*, RSC Publishing.
- Chiarini, A. (2017). Risk-based thinking according to ISO 9001:2015 standard and the risk sources European manufacturing SMEs intend to manage. *The TQM Journal*, 29(2), 310-323. <https://doi.org/10.1108/TQM-04-2016-0038>
- Chittella, H., Yoon, L. W., Ramarad, S., & Lai, Z. W. (2021). Rubber waste management: A review on methods, mechanism, and prospects. *Polymer Degradation and Stability*, 194, 109761.
- Cioca, L. I., Ivascu, L., Turi, A., Artene, A., & Găman, G. A. (2019). Sustainable development model for the automotive industry. *Sustainability*, 11(22), 6447.
- Cluster Automotriz de Guanajuato (2022). Acreditación CLAUGTO. <https://claugto.org/proyectos/acreditacion-claugto-2/>
- Cueva, C. (2024). *Estandarización de procesos del área de logística y su impacto en la satisfacción de los usuarios de la empresa*. SEDACAJ SA.
- Curo, J. A., & Rivera, L. A. (2023). *Implementación de la metodología Lean Manufacturing y estandarización de trabajo para incrementar la tasa de calidad en el proceso de confección de polos de una empresa textil*. Tesis, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- DAOUD BEN ARAB, S. (2022). Quality management practices and innovation: The moderating effect of ISO 9001 certification. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(3), 2177-2202.
- Diario de Querétaro (12 febrero, 2024). Produce 8,300 mdd el sector automotriz, en Querétaro. Disponible en: <https://www.diariodequeretaro.com.mx/finanzas/produce-8300-mdd-el-sector-automotriz-en-queretaro-11426027>
- Dwivedi, V. D., & Wahi, P. (2022). Influence of bushing flexibility and its constitutive behavior on the performance of suspension system. *Journal of Sound and Vibration*, 538, 117240. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2022.117240>
- El Economista (18 octubre, 2023). Parques industriales de Querétaro alistan expansión. Disponible en: <https://www.economista.com.mx/estados/Parques-industriales-de-Queretaro-alistan-planes-de-expansion-20231018-0091.html>

- El Economista (23 enero, 2024). El Bajío destaca en producción de componentes para la industria de la electromovilidad. Disponible en: <https://www.economista.com.mx/estados/El-Bajio-destaca-en-produccion-de-componentes-para-industria-de-electromovilidad-20240123-0074.html>
- Erfanian, M. R., Anbarsooz, M., & Moghiman, M. (2016). A three dimensional simulation of a rubber curing process considering variable order of reaction. *Applied mathematical modelling*, 40(19-20), 8592-8604.
- Escalante, E. J. (2005). *Seis - Sigma. metodología y técnicas*. Colombia: Limusa.
- Fazli, A., & Rodrigue, D. (2020a). Recycling waste tires into ground tire rubber (GTR)/rubber compounds: A review. *Journal of Composites Science*, 4(3), 103. <https://doi.org/10.3390/jcs4030103>
- Fazli, A., & Rodrigue, D. (2020b). Waste rubber recycling: A review on the evolution and properties of thermoplastic elastomers. *Materials*, 13(3), 782. <https://doi.org/10.3390/ma13030782>
- Ferrando Sánchez, M. (2009). Cómo implantar un sistema de gestión ambiental según la norma ISO 14001:2004. 2a edición. España: Fundación Confemetal.
- Fontalbo, T., De la Hoz, E., & Morelos, J. (2017). Productividad y sus factores: impacto en la mejora organizacional. *Dimensión Empresarial*, 16 (1), 47-60. <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1897>
- Franciosi, C., Di Pasquale, V., Iannone, R., & Miranda, S. (2021). Multi-stakeholder perspectives on indicators for sustainable maintenance performance in production contexts: an exploratory study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(2), 308-330.
- Franciosi, C., Di Pasquale, V., Iannone, R. & Miranda, S. (2019). A taxonomy of performance shaping factors for human reliability analysis in industrial maintenance., *Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(1), 115-132.
- Gachúz, J. C., & Montes, M. P. (2020). La industria automotriz en México y China: Oportunidades de complementariedad. *Latin American Journal of Trade Policy*, 3(6), 68-86.
- Global Rubber Corporation (2016). Sector automotriz. Disponible en: <https://globalrubbercorporation.com/productos/sector-automotriz>

- González, Ó. C. & Arciniegas, J.A. (2016). *Sistema de gestión de calidad: Teoría y práctica bajo la norma ISO 2015*. Ecoe Ediciones.
- Goodship, V. (2016). Injection Molding of Thermoplastics., En: V. Goodship, B. Middlenton & R. Cherrington (Eds). *Design and Manufacture of Plastic Components for Multifunctionality* (pp. 103–170). Elsevier.
- Gordon Jr, M. (2010). *Total quality process control for injection molding*. John Wiley & Sons.
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentals of modern manufacturing*. Colombia: Prentice Hall.
- Gutiérrez, M. (1989). *Administrar para la calidad: conceptos administrativos del control total de calidad*. Editorial Limusa.
- Gschwandl, M., Kerschbaumer, R. C., Schritteser, B., Fuchs, P. F., Stieger, S., & Meinhart, L. (2019). Thermal conductivity measurement of industrial rubber compounds using laser flash analysis: Applicability, comparison and evaluation. In *AIP Conference Proceedings*, 2065(1). AIP Publishing.
- Guajardo, E. (1996). *Administración de la calidad total*. Pax México.
- Hakimi, N.M.F.; Lee, S.H.; Lum, W.C.; Mohamad, S.F.; Osman Al Edrus, S.S.; Park, B.-D.; Azmi, A. (2021). Surface Modified Nanocellulose and Its Reinforcement in Natural Rubber Matrix Nanocomposites: A Review. *Polymers*, 13, 3241. <https://doi.org/10.3390/polym13193241>
- Heißing, B., & Ersoy, M. (2011). Ride Comfort and NVH. *Chassis Handbook*, 421–448. doi:10.1007/978-3-8348-9789-3_5
- Ibrahim, S., Daik, R., & Abdullah, I. (2014). Functionalization of liquid natural rubber viaoxidative degradation of natural rubber. *Polymers*, 6, 2928e2941. <https://doi.org/10.3390/polym6122928>
- Industria Nacional de Autopartes A. C. (2022). *Perspectivas de la industria automotriz en México*. INA.
- International Rubber Study Group (IRSG) (2022). *Rubber Statistical Bulletin*. Disponible en <https://www.rubberstudy.org/reports>

- International Automotive Task Force. (2016). *Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations*. International Organization for Standardization.
- ISO 9000: 2015 (2022). *Sistemas de gestión de la calidad-Fundamentos y vocabulario*. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- ISO-International Organization for Standardization. (2015). *Environmental management systems ISO 14001*, <https://www.iso.org/es/norma/14001>
- Junik, K., Lesiuk, G., Barcikowski, M., Blazejewski, W., Niemiec, A., Grobelny, M., ... Correia, J. A. F. O. (2021). Impact of the hardness on the selected mechanical properties of rigid polyurethane elastomers commonly used in suspension systems. *Engineering Failure Analysis*, 121, 105201. doi:10.1016/j.engfailanal.2020.105201
- Kaneku-Orbegozo, J., Martinez-Palomino, J., Sotelo-Raffo, F., & Ramos-Palomino, E. (2019, November). Applying Lean Manufacturing Principles to reduce waste and improve process in a manufacturer: A research study in Peru. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 689, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Laureani, A., & Jiju, A. (2016). Leadership—a critical success factor for the effective implementation of Lean Six Sigma. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(5-6), 502-523. <https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1211480>
- Leong, S. Y., Lee, S. Y., Koh, T. Y., & Ang, D. T. C. (2022). 4R of rubber waste management: current and outlook. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25(1), 37-51. <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01554-y>
- Li, N., Jiang, J., Sun, F., & Ye, M. (2022). Study on the Influence of Suspension Parameters on Longitudinal Impact Comfort. *Security and Communication Networks*, 2022. 7749029 <https://doi.org/10.1155/2022/7749029>
- Liang, C., Li, M., Li, Y., Liang, J., & Han, Q. (2023). Friction Characteristics Analysis of Rubber Bushing with a Bionic Flexible Contact Surface Based on the Convex Hull Structure. *Polymers*, 15(3), 606. <https://doi.org/10.3390/polym15030606>
- Lindsay, J. A. (2000). *Rubber Injection Moulding: A Practical Guide*. Smithers Rapra Technology.

- López, F. J., Pereira, G. A., Montoya, J. A., & Montoya, D. M. (2018). Consideraciones sobre calidad y productividad, una mirada desde la praxis organizacional. *Epistemus*, 12(25), 31-39.
- Lozada, E., Gutiérrez, C. M., Jaramillo, J. A., Sánchez, J. C., & Barrera, G. (2023). Vegetable Cellulose Fibers in Natural Rubber Composites. *Polymers*, 15(13), 2914. <https://doi.org/10.3390/polym15132914>
- Marcilla, A. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Medrano Márquez, J. Á., González Ajuech, V. L. (2017). *Mantenimiento*. México: Grupo Editorial Patria.
- Mera, A. C., González, F. J. M., & Lacoba, S. R. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. Delta publicaciones.
- Muccio, E. (1994). *Plastics Processing technology*. ASM International.
- Murrieta, Y. A. M., Ochoa, E., & Carballo, B. C. (2020). Reflexión crítica de los sistemas de gestión de calidad: ventajas y desventajas. *Revista En-contexto*, 8(12), 115-132
- Muruganatham, G., Vinodh, S., Arun, C. S., & Ramesh, K. (2018). Application of interpretive structural modelling for analysing barriers to total quality management practices implementation in the automotive sector. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(5-6), 524-545.
- Nava, V. M. (2005). *¿Qué es la calidad? conceptos, gurús y modelos fundamentales*. Mayotte: Limusa.
- Nestic, S., Lampón, JF, Aleksic, A., Cabanelas, P., & Tadic, D. (2019). Ranking manufacturing processes from the quality management perspective in the automotive industry. *Expert Systems*. 1-16 doi:10.1111/exsy.12451
- Pande, P., & Radebaugh, R. (2000). *Quality control and statistical methods* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Pérez, P. E., & Múnera, F. N. (2007). *Reflexiones para implementar un sistema de gestión de calidad (ISO 9001: 2000) en cooperativas y empresas de economía solidaria*. U. Cooperativa de Colombia.

- Pérez, D., & Vargas, E. E. (2015). Gestión ambiental en micro, pequeñas y medianas empresas de hospedaje. *Avanzada Científica*, 18(1), 33-46.
- Pérez-Naranjo, E., Avilés-Sacoto, S., & Mosquera-Recalde, G. E. (2021). Lean Manufacturing Implementation in Management of Residues from Automotive Industry-Case Study. En: J. L., García, C., Sánchez-Ramírez, & A. J., Gil (Eds). *Techniques, Tools and Methodologies Applied to Quality Assurance in Manufacturing*. Springer. doi:10.1007/978-3-030-69314-5.
- Pineda, M. (2023). Industria automotriz en México: balance 2022 y proyecciones 2023. <https://www.mms-mexico.com/articulos/industria-automotriz-en-mexico-balance-2022-y-proyecciones-2023>
- Prieto, P. (2018). Necesito identificar problemas organizativos. DATADEC. <https://www.datadec.es/blog/identificar-problemas-organizativos-erp>, ¿CÓMO ME AYUDA UN ERP?
- Puma-Araujo, S. D., Galluzzi, R., Sánchez-Sánchez, X., & Ramirez-Mendoza, R. A. (2021). Study of viscoelastic rubber mounts on vehicle suspensions with in-wheel electric motors. *Materials*, 14(12), 3356.
- Rackaitis, M., & Graves, D. F. (2017). *Rubber. Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology*, 1463-1491.
- Rakhmatov, R. I., & Krutolapov, V. E. (2021, October). Development of vehicle noise-vibration-harshness analysis calculation method in order to improve NVH characteristics. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 867(1), p. 012106). IOP Publishing.
- R. Lozada, E., Gutiérrez Aguilar, C. M., Jaramillo Carvalho, J. A., Sánchez, J. C., & Barrera Torres, G. (2023). Vegetable cellulose fibers in natural rubber composites. *Polymers*, 15(13), 2914.
- Ramini, M., Viola, G.T., Paganin, L., Battisti, M. (2019). Achieving savings in the post-curing process of fluoroelastomer compounds prepared by injection molding. *Rubber World*, 261, 46–51
- Ramini, M., & Agnelli, S. (2022). Monitoring of shear heating effects during injection molding of rubber to improve the process control. *Polymer Bulletin*, 80(6), 6707-6723.

- Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23.^a ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es>
- Rivas-Torres, J., Tudon-Martinez, J. C., Lozoya-Santos, J. D. J., Ramirez-Mendoza, R. A., & Spaggiari, A. (2019). Analytical design and optimization of an automotive rubber bushing. *Shock and Vibration*, 1873958, <https://doi.org/10.1155/2019/1873958>.
- Saavedra, A. H. (2024). *Estandarización del proceso de despacho de holantao para incrementar la productividad en la Empresa Narihuala Agro SAC*, Tesis, Universidad César Vallejo.
- Sahoo, S., & Yadav, S. (2018). Total quality management in Indian manufacturing SMEs. *Procedia Manufacturing*, 21, 541-548.
- Samsuri, A. (2010). Degradation of natural rubber and synthetic elastomers. *Shreir's Corrosion*, 3, 2407-2438.
- Schütte, J., & Sextro, W. (2021). Tire wear reduction based on an extended multibody rear axle model. *Vehicles*, 3(2), 233-256.
- Sfakianaki, E., & Kakouris, A. (2018). Obstacles to ISO 9001 certification in SMEs, *Total Quality Management & Business Excellence*, 31(13-14), 1544-1564 DOI: 10.1080/14783363.2018.1490640
- The Logistics World (16 febrero de 2022). Empresas globales buscan en México el abastecimiento de piezas de hule. <https://thelogisticsworld.com/manufactura/empresas-globales-buscan-en-mexico-el-abastecimiento-de-piezas-de-hule/#:~:text=En%20M%C3%A9xico%2C%20la%20industria%20del,con%20respecto%20a%20trimestre%20anterior.>
- Torres, L. R., & Collao, F. S. (2024). *Método para incrementar la productividad de una MYPE productora de colchones mediante la implementación del Systematic Layout Planning (SLP) y la estandarización de procesos en el área de producción*. Tesis, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Trantinger, M., Kerschbaumer, R. C., Lechner, B., Friesenbichler, W., & Lucyshyn, T. (2021). Temperature profile in rubber injection molding: application of a recently developed testing

- method to improve the process simulation and calculation of curing kinetics. *Polymers*, 13(3), 380. <https://doi.org/10.3390/polym13030380>
- Tully, J. (2011). *The devil's milk: A social history of rubber*. NYU Press.
- von Wysocki, T., Chahkar, J., & Gauterin, F. (2020). Small changes in vehicle suspension layouts could reduce interior road noise. *Vehicles*, 2(1), 18-34.
- Wang, T., Chen, Y., Qiao, M., & Snoussi, H. (2018). A fast and robust convolutional neural network-based defect detection model in product quality control. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 3465-3471. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0882-0>
- Weckenmann, A., Akkasoglu, G., & Werner, T. (2015), Quality management – history and trends, The TQM *The TQM Journal*, 27(3), 281-293.
- Yadav, G., Luthra, S., Huisingsh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118726. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118726>
- Yoksan, R. (2020). Injection-molded polyethylene/natural rubber blends. *Conference Series: Materials Science and Engineering*, 773(1), 012064. DOI:10.1088/1757-899X/773/1/012064
- Zhang, L., Meng, D., & Chen, G. (2020). *Noise, Vibration and Harshness of Electric and Hybrid Vehicles*. SAE International.
- Zonnenshain, A., & Kenett, R. S. (2020). Quality 4.0-the challenging future of quality engineering. *Quality Engineering*, 32(4), 614-626. doi:10.1080/08982112.2019.1706744

ANEXO 1

14/09/2023 15:22 h	F725Q110300	LWB 270-05	LWB 270-04	LWB 270-06	LWB 270-03	UCB0517090A	LWB 270-12	LWB 270-02	FCB035300B	LWB 270-01	UCB0649060A	LWB 270-08	UCB0475060A	LWB 270-11
Cómo hace la purga?	El equipo se pone en manual y se bajan las placas de formamanoal y se saca el hule que ya esta vulcanizado.													
Cuándo hace la purga?	Inicio de turno. Después de la comida. Después de paros inesperados.	Cuando el equipo falle.	En paros. Después de la comida. Inicio de turno.	Los lunes al inicio del turno. Después de la comidad. Si se interrumpe el ciclo.	Inicio de turno. Después de la comida. Final de turno.	Inicio de turno. Después de la comida.	Inicio de turno.	Inicio de turno. Después de la comida.	Al arrancar el equipo. Cuando hay un corte de hule. Después de la comida. Inicio de turno.	Después de las comida. Inicio de turno.	Cambio de modelo. Termino de turno.			
Cuánto tiempo máximo se puede dejar el equipo parado?	5 min	No sabe	30 min	1 min	10 minutos	30 min	5 min	No sabe	3 min					
Cuánto hule utiliza en la purga?	Hasta que el hule que marca el equipo sea el mismo que se le alimenta.	Hasta que salga el hule chicooso.	Un ciclo. Hasta que el hule se vea en la consistencia correcta.	1545 cm ³ Le pone hule blanco y hasta que salga.	Aproximadamente 70% de la barra de inyección. Hasta que el hule se vea en la consistencia correcta.	Hasta que se observe buena caída de hule. Media carga de hule.	Coloca hule blanco y hasta que salga el negro. No sabe cantidad en hule negro.	Ajustador --> toda la carga Operador --> un ciclo en vacío	Hasta que el hule salga con la consistencia. correcta					

ANEXO 2

<i>Maquina</i>	LWB 100-06		LWB 100-05		LWB 100-07	
<i>Cantidad purgada</i>	0.496 kg		0.181 kg		0.565 kg	
<i>Secuencia de actividades</i>	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)
	Se presiona el botón touch para subir el molde superior	2	Se presiona el botón vaciar	1	Se presiona el botón confirmar corina de luz	1
	Se presiona el botón de retroceso		Se presiona botón de confirmar corina de luz		Se presiona el botón rociar	
	Se presiona botón de confirmar corina de luz		Se presiona botón de inicio a una mano (se mantiene)	8	Se presiona el botón inicio a una mano	
	Se presiona botón de inicio a una mano (se mantiene)	Baja el molde superior	Se cambia la máquina a manual		2	
	Sube el molde superior	2	Se presiona botón de inicio a una mano (se mantiene)	20	Se presiona el botón touch del pistón	2
	Se presiona el botón touch para bajar el molde inferior	1	Espera de la purga		Se presiona el botón confirmar corina de luz	1
	Se presiona botón de confirmar corina de luz		Se coloca guantes	4	Se presiona el botón retroceso	
	Se presiona botón de inicio a una mano (se mantiene)		Se retira la purga	5	Se presiona el botón inicio a una mano	1
	Baja el molde inferior	1	Se mueve el switch auto/manual	2	Se presiona el botón tocuh del husillo	1
	Se coloca la maquina en auto	1	Se presiona botón de confirmar corina de luz	1	Se presiona el botón inicio a una mano	2
	Se presiona el botón vaciar	1	Espera de alimentación	72	Se presiona el botón touch del pistón	1
	Se presiona botón de confirmar corina de luz	1	Se mueve el switch auto/manual	1	Se presiona el botón retroceso	
	Se presiona botón de inicio a una mano		Se presiona el botón vaciar	1	Se presiona el botón inicio a una mano	6
	Baja el molde superior	4	Se presiona botón de confirmar corina de luz	1	Se presiona el botón touch del inyector	2
	Espera de la purga	22	Se presiona botón de inicio a una mano (se mantiene)	9	Se presiona el botón inicio a una mano	21
	Se retira la purga	5	Espera de purga		Espera de purga	
	Se coloca la maquina en manual	1	Se retira la purga	6	Se cambia la máquina a auto	1
	Se coloca la maquina en auto	1	Se presiona el botón touch para subir el molde superior	1	Se presiona el botón confirmar corina de luz	1
	Se presiona botón de confirmar corina de luz	1	Se mueve el switch auto/manual	1	Se presiona el botón inicio a una mano	1
	Se presiona botón de inicio a una mano	1	Se presiona botón de confirmar corina de luz	1	Se retira la purga	5
	Espera de alimentación de la maquina	39	Se presiona botón de inicio a una mano (se mantiene)	2	Espera de alimentación	24
	Se coloca la maquina en manual	1	Sube el molde superior		Se mueve switch auto/manual	1
	Se presiona el botón touch para subir el molde superior		Se mueve el switch auto/manual	1	Se presiona el botón confirmar corina de luz	1
	Se presiona el botón de retroceso	2	Se presiona el botón touch STOP	1	Se presiona el botón rociar	1
	Se presiona botón de confirmar corina de luz	1	Se presiona el botón confirmar corinas		Se presiona el botón inicio a una mano	
	Se presiona botón de inicio a una mano		Se presiona botón de inicio a una mano (se mantiene)	10	Se cambia la máquina a manual	2
	Se presiona el botón de retroceso	Sube molde superior	Se presiona el botón touch del pistón		2	
	Sube el molde superior	2			Se presiona el botón confirmar corina de luz	1
	Se presiona el botón touch para bajar el molde inferior	1			Se presiona el botón retroceso	
	Se presiona botón de confirmar corina de luz	1			Se presiona el botón inicio a una mano	2
	Se presiona botón de inicio a una mano	1			Se presiona el botón touch del husillo	1
	Baja molde inferior	1			Se presiona el botón inicio a una mano	2
Se coloca la maquina en auto	1			Se presiona el botón touch del pistón	1	
Se presiona el botón de vaciar		Se presiona el botón retroceso	6			
Se presiona botón de confirmar corina de luz	1			Se presiona el botón inicio a una mano	6	
Se presiona botón de inicio a una mano	1			Se presiona el botón touch del inyector	1	
Baja molde superior	3			Se presiona el botón inicio a una mano	35	
Se coloca la maquina en auto	1			Espera de purga		
Se presiona botón de confirmar corina de luz		Se cambia la máquina a auto	1			
Se presiona botón de inicio a una mano	Se presiona el botón confirmar corina de luz	Se presiona el botón inicio a una mano		26		
Baja el molde superior	3			Espera de alimentación	7	
Espera de la purga	27			Se retira la purga	1	
Se coloca la maquina en manual	1			Se coloca la máquina en manual	1	
Se retira la purga	5			Se presiona el botón touch para subir el molde superior	1	
Se presiona e botón para subir el molde superior	1			Se presiona el botón confirmar corina de luz	1	
Se presiona el botón retroceso	1			Se presiona el botón retroceso		
Se presiona botón de confirmar corina de luz	1			Se presiona el botón inicio a una mano	4	
Se presiona botón de inicio a una mano		Sube molde superior				
Sube molde inferior	2			Se presiona el botón touch para subir todo el molde	1	
Se coloca la maquina en auto	1			Se presiona el botón retroceso		
Se presiona el botón touch STOP	1			Se presiona el botón inicio a una mano	11	
Se presiona el botón confirmar corinas	1			Sube todo el molde		
Se presiona botón de inicio a una mano		7				
Sube molde superior	7					
Total		150		148		181
Comentarios	*Se realiza la purga debido al paro del fin de semana		*Se realiza la purga debido al paro del fin de semana		*Se realiza purga debido al inicio de turno *Se observa hule blanco en la purga	

Maquina	DESMA 100-02		DESMA 100-03		DESMA 100-06		DESMA 100-05		
Cantidad purgada	0.381 kg		0.989 kg		0.166 kg		0.054 kg		
Secuencia de actividades	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	
	Se presiona el botón touch de molde superior	1	Se mueve y se mantiene el switch de purga	15	Se limpia molde superior con fibra	15	Se presiona un botón touch	1	
	Se mueve el switch de unidad	1	Espera de purga		Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	2	Se presiona botón blanco		
	Baja molde superior		Se aprieta un botón touch	3	Se mueve el segundo switch de izquierda a derecha	10	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	6	
	Se presiona boton touch de inyector	1	Se opera otra maquina	40	Espera de purga		Baja el molde		
	Se mueve y se mantiene el switch de purga	29	Se revisan piezas de desma 100-03	10	Se presiona un botón touch	1	Se presiona un botón touch	1	
	Espera de purga		Se revisa tablero	2	Se retira purga	6	Se presiona botón blanco		
	Se retira la purga	7	Se retira la purga	6	Se presiona un botón touch	1	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	2	
	Se presiona el botón touch de molde superior	1	Espera de alimentación	6	Se presiona el botón blanco		Baja el molde superior		
	Se presiona el botón cortinas	1	Se aprietan dos botón touch	2	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	2	Se limpia molde superior con fibra	13	
	Se mueve el switch de unidad		Se mueve y se mantiene el switch de purga	32	Sube molde superior		Se presiona un botón touch	1	
	Sube el molde superior	1	Espera de purga		4		Se presiona botón blanco	Se presiona botón blanco	1
	Se mueve el switch de unidad	1	Se retira la purga	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha			2		
	Sube molde inferior	4	Se presiona el botón touch de molde superior	3	Se mueve el segundo switch de izquierda a derecha		4		
			Se presiona el botón cortinas		Espera de purga		1		
		Se mueve el switch de unidad	Se presiona un botón touch		7				
		Sube el molde superior	2		Se presiona un botón touch		1		
				Se presiona el botón blanco					
				Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	2				
				Sube molde superior					
Total		47		125			37		41
Comentarios	*Se realizó purga por que se tapo un punto *Se purgo *Aplicación de desmoldante *Se realiza una segunda purga		*Se realizó purga porque se le cayó el hule *Se purga dos veces, mencionó el operador		*Se realiza purga por cambio de turno		*Se realiza purga por cambio de turno		

Maquina	REP 160-05		REP 160-05		REP 160-04		REP 160-05		REP 160-05	
Cantidad purgada	1.276 kg		0.732 kg		0.071 kg		0.140 kg		0.098 kg	
Secuencia de actividades	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)
	Se presiona botón de purga	13	Colocarse los guantes	7	Se coloca la máquina en manual	1	Se coloca la máquina en automatico	1	Se oprime el botón de molde	6
	Espera de purga		Manipulación del equipo por medio de su tablero de control	33	Se preiona el segundo botón de derecha a izquierda (inferior)	2	Se presiona el tercer botón de derecha a izquierda (inferior)	11	Baja molde	
	Se coloca guantes	5	Se presiona botón purga	7	Baja molde superior		7	Se presiona el botón purga	2	Se presiona el segundo botón de derecha a izquierda (inferior)
	Se retira purga	7	Remoción de hule purgado	7	Se presiona el botón de purga	7		Espera de purga		Baja molde superior
	Espera alimentación	17	Verificación del estado del hule purgado	3	Espera de purga	5	Se retira la purga	5	Se coloca la máquina en manual	1
	Se presiona botón de purga	6	Solicitud de engrasamiento	10	Se retira la purga	6	Se presiona el botón arriba de purga (por error)	18	Se presiona el botón cortina	1
	Espera de purga		Espera del personal de mantenimiento	420	Se presiona el botón purga	4	Espera debido a desconocimiento de metodología	12	Se abre guarda de seguridad	2
	Se retira purga	11	Engrasamiento de maquina	300	Espera de purga		14	Se presiona el botón purga	5	Se presiona el botón purga
	Espera	10	Aplicar desmoldante	125	Se retira la purga	6		Espera de purga		Espera de purga
	Manipulación dela maquina por medio del tablero	72	Espera en lo que se estan curando los moldes	300	Se preiona el segundo botón de derecha a izquierda (superior)	3	Se retira la purga	8	Se retira la purga	7
	Se sube molde superior	2	Manipulación del equipo por medio de su tablero de control	28	Sube molde superior		1	Se presiona el primer botón de derecha a izquierda (superior)	1	Se presiona el segundo botón de derecha a izquierda (superior)
	Se baja molde superior	2	Se presiona botón purga	7	Se coloca la máquina en automatico	2	Se presiona el segundo botón de derecha a izquierda (superior)	1	Sube molde superior	
	Se aplica desmoldante	87	Remoción de hule purgado 2	7	Se presiona el botón verde (inferior)	1	Se presiona el primer botón de derecha a izquierda (superior)	1		
	Se cierra guarda de seguridad	5	Verificación del estado del hule 2	3	Se cierra guarda de seguridad	8	Se presiona el segundo botón de derecha a izquierda (superior)	1		
	Manipulación dela maquina por medio del tablero	20	Manipulación del equipo por medio de su tablero de control	28			Se presiona el primer botón de derecha a izquierda (superior)	2		
			Se presiona botón purga	7			Sube molde inferior			
			Remoción de hule purgado 3	7			Se presiona el primer botón de derecha a izquierda (inferior)	1		
			Verificación del estado del hule 3	3			Baja molde inferior			
							Se presiona el segundo botón de derecha a izquierda (superior)	4		
				Se cambia la máquina a manual	1					
				Se presiona el segundo botón de derecha a izquierda (superior)	2					
				Sube molde superior						
Total		257		572		38		90		27
Comentarios	*Se realiza purga porque tenía hule blanco *Realizó un ciclo en vacío para asegurar el hule sale completamente negro		*Se resta el tiempo del proceso de engrasamiento (730 s) *No se observa operación completa		*Se realiza purga por cambio de turno		*Se realiza purga por cambio de turno *Se desconocia la correcta operación de la máquina por lo que se le pidio apoyo a su compañera Alejandra Resendiz para conocer como purgar		*Se realiza purga por cambio de turno	

<i>Maquina</i>	DESMA 250-04		DESMA 250-03	
<i>Cantidad purgada</i>	2.592 kg		0.576 kg	
<i>Secuencia de actividades</i>	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)
	Se presiona un botón touch	1	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	6
	Se presiona un botón touch	2	Baja el molde	
	Se presiona el botón blanco	2	Se presiona un botón touch	1
	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	3	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	2
	Baja el molde superior		Baja el molde superior	
	Se presiona un botón touch	2	Se presiona un botón touch	1
	Se presiona el botón blanco	1	Se presiona un botón touch	1
	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	2	Espera de alimentación	40
	Se presiona un botón touch	1	Se presiona un botón touch	1
	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	1	Se presiona un botón touch	1
	Se presiona el botón blanco	1	Se mueve el segundo switch de izquierda a derecha	10
	Se mueve el segundo switch de izquierda a derecha	15	Espera de purga	
	Espera de purga			Se presiona un botón touch
	Se presiona un botón touch		Se cambia pantalla	1
	Se cambia pantalla	5	Se retira la purga	9
	Se retira la purga	9	Se presiona el botón blanco	1
	Espera de alimentación	98	Espera de alimentación	23
	Se presiona un botón touch	1	Se limpia el molde superior con una fibra	22
	Se presiona un botón touch	3	Se cambia pantalla	1
	Se presiona el botón blanco	1	Espera de alimentación	12
	Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	3	Se presiona un botón touch	1
	Se presiona un botón touch	1	Se presiona el botón blanco	3
	Se mueve el segundo switch de izquierda a derecha		Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	4
	Espera de purga	17	Sube molde superior	
	Se presiona un botón touch	1		
	Cambio de pantalla	1		
	Se retira la purga	12		
	Se revisa el hule purgado	10		
	Espera de alimentación	87		
Se presiona un botón touch	1			
Se presiona un botón touch	1			
Se presiona el botón blanco	1			
Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	3			
Se presiona un botón touch	1			
Se mueve el segundo switch de izquierda a derecha	15			
Espera de purga				
Se retira la purga	8			
Se presiona un botón touch	1			
Se presiona un botón touch	1			
Se presiona el botón blanco	1			
Se mueve el primer switch de izquierda a derecha	1			
Sube el molde superior	2			
Total		315		142
Comentarios	*Se realiza la purga debido al paro del fin de semana		*Se realiza purga por cambio de turno	

Maquina	LWB 270-02		LWB 270-01		LWB 270-04		LWB 270-03		LWB 270-01	
Cantidad purgada	0.763 kg		0.292 kg		0.316 kg		1.222 kg		0.242 kg	
Secuencia de actividades	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)
	Se coloca la maquina en manual	2	Se presiona botón touch del pistón	4	Se presiona botón touch de molde superior (bajar)	3	Bajar la placa superior	10	Se presiona botón touch del pistón	3
	Se presiona botón touch de molde superior (bajar)		Se presiona botón touch del inyector		Se presiona botón de retroceso		Colocar hule	50	Se presiona botón touch del inyector	
	Se presiona botón de retroceso		Se presiona el botón inicio una mano	Baja el molde	2	Colocarse los guantes	Se presiona el botón inicio una mano			
	Baja molde	2	Cambio de pantalla	7	Se presiona botón touch del pistón	2	Verificar la cantidad de hule	10	Cambio de pantalla	5
	Se presiona botón touch del pistón	3	Espera del purgado		Se presiona botón touch del inyector	2	Verificar el estado del equipo en la pantalla	5	Espera del purgado	
	Se presiona botón touch del inyector		Se retira la purga	13	Se presiona el botón inicio una mano	12	Espera alimentación de maquina	40	Se presiona el botón touch del husillo (apagar)	1
	Se presiona el botón inicio una mano	Se presiona el botón touch del molde inferior	1	Espera del purgado	Movimiento del switch auto/manual		3	Movimiento del switch auto/manual		
	Cambio de pantalla	15	Se presiona el botón retroceso	Se presiona botón touch de husillo	Se presiona botón confirmar corina de luz		1	Se cierra la guarda de seguridad	2	
	Espera del purgado	15	Se presiona botón de inicio a una mano	1	Se presiona el botón inicio una mano	1	Se presiona botón retroceso	1	Se coloca la mano para abrir guarda de seguridad	3
	Se coloca la maquina en auto		3	Sube el molde superior	2	Se retira la purga	9	Se presiona botón rociar	1	Se abre guarda de seguridad
	Se cierra guarda de seguridad (automático)	6	Se coloca la maquina en auto	3	Se presiona el botón inicio una mano	13	Se presiona botón inicio una mano	1	Se retira la purga	12
	Se abre guarda de seguridad	4	Se cierra la guarda de seguridad		Se presiona el botón inicio una mano		Purga 1	13	Se coloca la maquina en manual	3
	Se retira la purga	17			Se presiona botón touch de molde superior (subir)	1	Revisión de material purgado (hule blanco)	20	Se presiona el botón touch del molde superior	
	Espera de alimentación	27			Se presiona el botón inicio una mano		Tirar la purga	5	Se presiona el botón retroceso	1
	Se presiona el botón retroceso	5			Sube molde superior	2	Espera de alimentación 2	23	Se presiona botón de inicio a una mano	1
	Se coloca la maquina en manual				Se presiona botón touch de molde inferior	1	Movimiento del swith auto/manual	3	Sube el molde superior	1
	Se presiona botón touch de molde superior (subir)				Se presiona el botón inicio una mano		Se presiona botón confirmar corina de luz	1	Se coloca la maquina en auto	1
	Se presiona el botón retroceso				Sube molde inferior	2	Se presiona botón retroceso	1	Se cierra la guarda de seguridad	1
	Sube molde superior				Se presiona botón touch inferior izquierdo	2	Se presiona botón rociar	1		
	Se presiona botón touch de molde inferior	Se presiona botón touch de molde inferior			2		Se presiona botón inicio una mano	1		
	Sube molde inferior	Se presiona el botón inicio una mano			Purga 2		15			
	Se presiona botón touch inferior izquierdo	Baja molde inferior			2	Revisión de material purgado (hule blanco) 2	20			
	Se presiona botón touch de molde inferior	2				Espera de alimentación 3	32			
Baja molde inferior	Movimiento del swith auto/manual					3				
			Se presiona botón confirmar corina de luz	1						
			Se presiona botón retroceso	1						
			Se presiona botón rociar	1						
			Se presiona botón inicio una mano	1						
			Purga 3	18						
			Revisión de material purgado (hule blanco) 3	18						
			Espera de alimentación 4	60						
			Cerrado de placas	6						
Total		90		31				366		37
Comentarios	*Se realizó purga por presencia de rebaba *Limpio con cepillo de alambre *Rocio desmoldante *Purgo *Coloco piezas metálicas		*Se realizó purga por presencia de rebaba *Limpio con fibra *Rocio desmoldante *Coloco piezas metálicas *Purgo		*Se realizó purga por curado *Rocio desmoldante *Purgo *Coloco piezas metálicas		*Se realiza purga debido a que la maquina tenía hule blanco		*Se realiza la purga debido a que la mordaza tenía rebaba	

Maquina	LWB 270-10		LWB 270-05		LWB 270-09		LWB 270-10		LWB 270-05		
Cantidad purgada	0.113 kg		0.581 kg		0.219 kg		0.108 kg		1.169 kg		
Secuencia de actividades	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	
	Se presiona botón touch del pistón	1	Se presiona botón touch del pistón	1	Espera de alimentación	98	Se presiona el botón touch pistón	1	Se presiona el botón touch inyector	1	
	Se presiona botón touch del inyector		Se presiona botón touch del inyector		Se cambia la maquina a manual	2	Se cambia la maquina a manual	2	Se presiona botón inicio a una mano	13	
	Se presiona el botón inicio una mano	7	Se presiona el botón inicio una mano	16	Se presiona botón touch del pistón	1	Se presiona el botón touch pistón	1	Espera de purga		1
	Espera del purgado		Espera del purgado		Se presiona el botón retroceso	1	Se presiona botón inicio a una mano	2	Se coloca la maquina en auto		
	Se presiona el botón touch del husillo (apagar)	1	Se retira la purga	14	Empuja palanca ubicada a un lado del tablero		1	Se presiona el botón touch inyector	1	Se presiona botón inicio a una mano	1
	Cambio de pantalla		Se presiona el botón touch del molde superior	1	Se presiona botón de inicio a una mano	1		Se presiona botón inicio a una mano	5	Se cierra la guarda de seguridad	3
	Se mantiene presionado el botón inicio a una mano	10	Se presiona botón de inicio a una mano	3	Se presiona botón touch del inyector	1	Espera de purga	1		Se cambia pantalla	1
	Se presiona el botón touch del molde superior	1	Sube el molde superior		7	Se presiona botón de inicio a una mano	1		Se presiona botón touch para subir molde superior	1	Se coloca la mano para que abra la guarda de seguridad
	Se retira la purga	4	Se presiona botón de molde inferior	1		Espera de purga		1	Se presiona botón retroceso	1	Se retira la purga
	Se presiona botón de inicio a una mano	2	Se presiona botón de inicio a una mano	3	Se cambia la maquina a auto	1	Se retira la purga		10	Espera de alimentación	15
	Sube el molde superior		Sube molde Inferior		Se presiona botón de inicio a una mano		3	Se presiona botón inicio a una mano	1	Se coloca la maquina en manual	1
	Se cambia la maquina a auto	1	Se presiona botón touch inferior izquierdo	2	Se baja guarda de seguridad	2		Sube molde superior		1	Se presiona el botón touch inyector
	Se presiona botón de inicio a una mano	2	Se presiona botón touch para baja molde inferior	1	Se presiona el segundo botón touch de la primer columna	1		Se presiona el botón retroceso	1		
	Se cierra la guarda de seguridad		Se presiona el botón inicio una mano	2	Se coloca la mano y abre guarda de seguridad	5		Se presiona botón inicio a una mano	7		
			Baja molde inferior		Se retira la purga	8		Espera de purga		Se presiona el botón touch del husillo	1
					Se cambia pantalla			Se cambia pantalla		Se cambia pantalla	1
					Se presiona botón touch para subir molde superior	1		Espera de alimentación		Espera de alimentación	18
					Se cambia la maquina a manual	1		Se retira la purga		Se retira la purga	9
					Se presiona el botón retroceso			Se presiona el botón touch para subir el molde superior		Se presiona el botón touch para subir el molde superior	1
				Se presiona el botón inicio a una mano	1	Se presiona el botón retroceso			Se presiona el botón inicio a una mano	2	
				Sube el molde superior		Sube molde superior			Sube molde superior	1	
				Se presiona el botón touch para subir el molde inferior	1	Se presiona el botón touch para subir el molde inferior			Se presiona el botón inicio a una mano	1	
				Se presiona el botón retroceso		1		Se presiona el botón touch para subir el molde inferior		Se presiona el botón retroceso	1
				Se presiona el botón inicio a una mano		Se presiona el botón touch para bajar molde inferior			Se presiona el botón touch para bajar molde inferior	1	
				Sube el molde inferior		Se presiona el botón inicio una mano			Se presiona el botón retroceso	1	
				Se presiona botón touch inferior izquierdo	1	Se presiona botón inicio a una mano			Se presiona botón inicio a una mano	2	
				Se presiona botón touch para bajar molde inferior		1		Sube molde inferior		Sube molde inferior	1
				Se presiona el botón inicio una mano	1	Se presiona botón touch inferior izquierdo			Se presiona botón touch inferior izquierdo	1	
				Baja molde inferior		1		Se presiona botón inicio a una mano		Se presiona botón inicio a una mano	2
									Cierra pinzas	1	
									Se presiona botón touch para bajar molde inferior	1	
									Cambia pantalla	1	
								Se presiona el botón inicio una mano	2		
								Baja molde inferior			
Total		29		44		132		27		111	
Comentarios	*Se realiza la purga debido a que la maquina tuvo un paro		*Se realiza la purga debido a que la maquina tuvo un paro		*Se realiza purga por cambio de turno		*Se realiza purga por cambio de turno		*Se realiza purga debido a que una boquilla se tapo *Al momento de llegar a hacer la observación, ya se tenían dos purgas		

<i>Maquina</i>	REP 300-02		REP 300-01	
<i>Cantidad purgada</i>	2.310 kg		2.831 kg	
<i>Secuencia de actividades</i>	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)
	Se presiona el botón touch del eyector	1	Se presiona el botón con la letra A	10
	Se presiona el tercer botón	6	Espera de purga	
	Baja el molde superior		3	
	Se presiona el primer botón	26	Se coloca guantes	7
	Espera de purga		5	
	Se mueve el segundo switch	1	Se retira la purga	1
	Se cambia de pantalla	1	Se retira el guante	23
	Se coloca los guantes	5	Se cambia pantalla	14
	Se retira purga	8	Espera de alimentación	
	Se oprime el botón inicio de ciclo	1	Se presiona el botón con la letra A	4
	Se cierra guarda de seguridad	4	Espera de purga	46
	Espera de alimentación	65	Se retira la purga	15
	Se presiona el tercer botón	2	Espera de alimentación	
	Abre guarda de seguridad	2	Se presiona el botón con la letra A	6
	Se presiona primer botón (se mantiene)	14	Se retira la purga	4
	Espera de purga		3	
	Se revisa el material purgado	2	Se retira el guante	1
	Se presiona primer botón (se mantiene)	19	Se limpia la máquina con aire	3
	Espera de purga		Revisión del trabajo del compañero en entranamiento	4
	Se retira la purga	10	Cambio de pantalla	1
	Se revisa el hule purgado	5	Se presiona el botón touch eyector travesaño fijo	4
	Se cambia de pantalla	3	Se presiona el segundo botón de arriba a bajo	
	Se presiona el botón touch del eyector travesaño fijo	1	Sube molde superior	2
	Se presiona el segundo botón	5	Se cambia modo de operación	
	Sube el molde superior		3	
	Se presiona el tercer botón	6		
	Baja el molde superior		30	
	Se presiona el segundo botón	1		
Sube el molde superior	4			
Espera de alimentación		1		
Se presiona el botón touch de eyector travesaño móvil	10			
Se presiona segundo botón		1		
Se presiona el botón touch de cilindro auxiliar	5			
Se presiona el segundo botón		5		
Se limpian moldes con aire	1			
Se presiona el botón touch de eyector travesaño móvil		6		
Se presiona tercer botón	2			
Baja molde superior		405		
Se cierra guarda de seguridad	7			
Se presiona el botón touch de cilindro auxiliar		3		
Se presiona tercer botón	16			
Se mueve segundo switch		27		
Se hace ciclo en vacío	71			
Baja molde		10		
Se abre guarda de seguridad	14			
Se revisa el ciclo en vacío		6		
Se quita araña	1			
Se limpia molde con fibra		4		
Se limpia molde con aire	3			
Se presiona el segundo botón		1		
Sube molde superior	3			
Se presiona el segundo botón		230		
Sube molde superior	2			
Se mueve el segundo switch		1		
Se cambia pantalla	5			
Se coloca contraseña		1		
Se mueve el segundo switch	3			
Se presiona el botón touch de eyector travesaño móvil		3		
Se presiona tercer botón	2			
Sube molde superior		1		
Se revisa que el molde no este tapado	5			
Se quita guantes		1		
Se presiona el botón touch de eyector travesaño fijo	5			
Se presiona segundo botón		1067		
Sube molde superior	156			
<i>Total</i>				
<i>Comentarios</i>	*Se realiza la purga debido al paro del fin de semana		*Se realiza purga debido al inicio de turno *Se mencionó que se haría un ciclo en vacío *No tenia metales para iniciar el turno	

Maquina Cantidad purgada	REP 500-03		REP 500-01		REP 500-03		REP 500-04		REP 500-02	
	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)	Actividades	Tiempo (s)
	Se presiona botón de inyección	19	Se oprime el botón del inyector	9	Espera de alimentación	10	Se coloca guantes	11	Se presiona el primer botón de arriba a bajo	33
	Espera de purga		Espera del purgado		Se presiona el primer botón	7	Se mueve el switch modo de operación	1	Espera de purga	
	Se retira la purga	24	Se retira la purga	9	Espera de purga		Se cambia pantalla	1	Se retira la purga	26
	Espera de alimentación	60	Cambio de pantalla	5	Acomodo de su área de trabajo	10	Espera debido a que el touch no funciona con guantes	9	Cambio de pantalla	1
	Se presiona botón de inyección	20	Se presiona el botón touch para subir el molde superior	2	Se retira la purga	23	Se presiona el botón touch de enganche	1	Espera de alimentación	145
	Espera de purga		Se oprime el segundo botón	3	Espera de alimentación	65	Se presiona el tercer botón de arriba a bajo	2	Se presiona el primer botón de arriba a bajo	35
	Se retira la purga	15	Se coloca el equipo en manual	8	Alimentación de hule a la máquina	34	Se presiona el botón touch de travesaño móvil	2	Espera de purga	
	Espera de alimentación	90	Se presiona el botón touch para subir el molde superior	3	Se presiona el primer botón	21	Se presiona el tercer botón de arriba a bajo	7	Se retira la purga	23
	Se trae más hule blanco		Se oprime el segundo botón	11	Espera de purga		Baja molde		Espera de alimentación	123
	Se presiona botón de inyección	20	Se regresa la maquina a manual	15	Se retira la purga		Se presiona el botón touch eyector travesaño fijo	4		
	Espera de purga				Se revisa el hule purgado	33	Se presiona el tercer botón de arriba a bajo	5		
	Se retira la purga	20			Alimentación de hule a la máquina	20	Baja molde superior			
	Se coloca más hule blanco	20			Espera de alimentación	79	Se puede palanca	4		
	Espera de alimentación	79			Se presiona el primer botón	20	Se colocan piezas metálicas	15		
	Se presiona botón de inyección	20			Espera de purga		Se mueve palanca	1		
	Esperade purga				Se retira la purga	40	Se presiona primer botón de arriba a bajo	10		
	Se retira la purga	35			Se revisa el hule purgado	2	Espera de purga	7		
	Espera de alimentación	50			Se cambia la pantalla		Se retira la purga	7		
	Se presiona botón de inyección	21			Se presiona el tercer botón	1	Se limpia el molde con aire	7		
	Esperade purga				Se presiona el cuarto botón		Se presiona el segundo botón de arriba a bajo	6		
	Se retira la purga	23			Se presiona el botón touch eyector travedaño fijo	1	Sube molde superior			
	Cambio de pantalla	1			Se presiona el segundo botón	5	Se mueve switch modo de operación	1		
	Se presiona botón de subir molde	2			Sube el molde superior		Se presiona botón inicio de ciclo			
Total		536		65		371		94		386
Comentarios	*Se realiza purga por cambio de maquina		*Se realiza la purga debido a que la maquina		* Se realiza purga debido a que la maquina		*Se realiza purga por cambio de turno		*Se realiza purga debido al inicio de turno	
	*Se saca hule negro		*Se realiza la purga debido a que la maquina		tenia hule blanco				*Se esperaba a que alguien llegara a purgar la máquina	
	*Se coloca hule blanco y se purga hasta que comience a salir huela blanco		tuvo un paro		*Comenta la operadora que el hule de purga con hule blanco no se pesa				*Se mencionó que se haría un ciclo en vacío	

Secuencia de actividades

ANEXO 3

No.	Simbolos	QUÉ ?	CÓMO ?	POR QUÉ ?	IMAGEN / DIBUJO
1		Corte de hule negro	En el último ciclo antes de que la máquina comience a comer, apagar la alimentación. Posteriormente cortar en diagonal el hule negro que se está alimentando a la máquina LWB 270. El corte se debe hacer lo más pegado posible a la entrada de alimentación de la máquina.	Para no desperdiciar hule de proceso y no aumentar el scrap.	
2		Alimentación de la máquina	Colocar la máquina en automático mediante el switch auto/manual y presionar el botón 2 . Una vez iniciada la alimentación pasar la mano por los sensores a los costados de la máquina.	Para alimentar a la máquina de una forma más rápida y cómoda para el operador.	
3		Abrir el molde	Una vez terminada la alimentación, colocar la máquina en manual mediante el switch auto/manual, presionar el botón 1 y presionar el botón 2 hasta que el molde se abra completamente, posteriormente presionar el botón 3 y presionar el botón 2 .	Para evitar que el hule se inyecte en los moldes y tape los puntos de inyección.	
4		Bajar placa superior	Para bajar la placa superior oprimir el botón 4 y presionar el botón 2 hasta que la placa baje por completo.		
5		Nota	En caso de que al presionar el botón touch deseado, la flecha indicadora del movimiento de la parte de la máquina deseada se encuentre al contrario de lo que se requiere hacer, oprimir el botón retroceso antes de presionar el botón 2 . El sentido de la flecha debe cambiar.	Para que la máquina realice el movimiento que se desea hacer ya que no cuenta con botones distintos para subir o bajar sus componentes.	
6		Purgado	Presionar el botón 5 y posteriormente, presionar el botón 2 hasta que en la pantalla se vea la leyenda "sobre molde". Presionar el botón 6 y posteriormente, presionar el botón 2 hasta que la dosificac. muestre el valor de 0 ccm.	Para remover el hule negro de la máquina.	
7		Remoción del hule purgado	Tomar el hule purgado de la parte superior (salida del hule) y tirar hacia abajo. Repetir este paso con cada uno de los puntos de inyección y colocar el hule purgado en el contenedor negro identificado como hule no vulcanizado.	Para evitar que queden residuos de hule negro y se vulcanicen con la temperatura.	
8		Agotamiento de hule negro	Repetir los pasos 2, 6 y 7 hasta que se agote el hule negro alimentado a la máquina. Anotar en el reporte la cantidad en kg de hule negro purgado	Para eliminar la mayor cantidad de hule y que quede mayormente hule blanco en la máquina.	
9		Tomar hule blanco	Tomar aproximadamente 1 m de hule blanco y pesarlos en una bascula. Anotar en el reporte la cantidad en kg de hule blanco tomado.	Es la cantidad que se requieren para realizar la purga de la máquina con hule blanco.	
10		Colocar hule blanco	Colocar el hule blanco en la entrada del husillo e irlo empujando hasta que la máquina succione por si sola el hule. Una vez iniciada la alimentación pasar la mano por los sensores a los costados de la máquina.	Para que la máquina no se tape durante el tiempo de paro ya que el hule blanco no se vulcaniza.	
11		Alimentación de hule blanco y purgado	Repetir los pasos 3, 6 y 7 pero ahora con el hule blanco alimentado.	Para alimentar a la máquina con el hule blanco.	
12		Ultima purga	Una vez que se haya consumido el total del hule blanco, retirar la purga como se indica en 8. En esta última purga debe observarse la mezcla de hules (blanco en el interior y negro en el exterior).	Para evitar tener problemas de obstrucción de cavidades al momento del inicio de turno.	
13		Separación de residuos	El hule mezclado obtenido del paso 12 será colocado en el contenedor rojo identificado como MEZCLA DE HULES.	Como la mezcla de hules no se pesa, se requiere tener un control del hule blanco que se utiliza.	
14		Separación de la unidad de inyección	Presionar el botón 5 y posteriormente, presionar el botón 2 .	Para evitar la transferencia de calor del molde hacia la unidad de inyección.	

ANEXO 4

ANEXO 4					
No.	Símbolos	QUÉ ?	CÓMO ?	POR QUÉ ?	IMAGEN / DIBUJO
1		Alimentación de la máquina	Colocar la máquina en automático posicionando el switch auto/manual en vertical y presionar el botón 2.	Para alimentar a la máquina de una forma más rápida y cómoda para el operador.	
2		Colocación de hule negro	Tomar el inicio de una tira de hule negro, colocarlo en la entrada de la alimentación de la máquina e ir empujando poco a poco la tira hasta que la inyectora succione el hule. Una vez iniciada la alimentación de hule negro, pasar la mano por los sensores a los costados de la máquina.	Para introducir el hule negro en la máquina.	
3		Abrir el molde	Una vez terminada la alimentación, colocar la máquina en manual mediante el switch auto/manual, presionar el botón 1 y presionar el botón 2 hasta que el molde se abra completamente, posteriormente presionar el botón 3 y presionar el botón 2.	Para evitar que el hule se inyecte en los moldes y tape los puntos de inyección.	
4		Bajar placa superior	Para bajar la placa superior oprimir el botón 4 y presionar el botón 2 hasta que la placa baje por completo.		
5		Nota	En caso de que al presionar el botón touch deseado, la flecha indicadora del movimiento de la parte de la máquina deseada se encuentre al contrario de lo que se requiere hacer, oprimir el botón retroceso antes de presionar el botón 2. El sentido de la flecha debe cambiar.	Para que la máquina realice el movimiento que se desea hacer ya que no cuenta con botones distintos para subir o bajar sus componentes.	
6		Purgado	Presionar el botón 5 y posteriormente, presionar el botón 2 hasta que en la pantalla se vea la leyenda "sobre molde". Presionar el botón 6 y posteriormente, presionar el botón 2 hasta que la dosificac. muestre el valor de 0 ccm.	Para remover la mezcla de hules de la máquina.	
7		Remoción del hule purgado	Tomar el hule purgado de la parte superior (salida del hule) y tirar hacia abajo. Repetir este paso con cada uno de los puntos de inyección y colocar el hule purgado en el contenedor negro identificado como hule no vulcanizado.	Para evitar que se queden residuos de hule negro y se vulcanicen con la temperatura.	
8		Eliminación del hule blanco	Repetir los pasos 1, 6 y 7 dos veces más.	Para eliminar el hule blanco que quedo dentro de la máquina.	
9		Verificación de la ultima purga	Revisar que en la tercera y última purga no se observa mezcla de hules (hule blanco con hule negro) sino que solo se observe hule negro.	Se debe asegurar que la mezcla de hule final tiene la consistencia adecuada para evitar tener problemas al momento del inicio de turno.	
10		Separación de residuos	El hule mezclado obtenido será colocado en el contenedor rojo identificado como MEZCLA DE HULES.	Como la mezcla de hules no se pesa, se requiere tener un control del hule blanco que se utiliza.	
11		Ciclo en vacío	Realizar un ciclo en vacío y verificar que ya no se observe presencia de hule blanco. Si se continua percibiendo residuos de hule blanco, realizar otro ciclo en vacío y volver a revisar.	Para asegurar que el hule blanco se eliminó por completo de la máquina.	