



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**IMPLEMENTACIÓN DE STEP 2 Y ARRANQUE DE STEP 3 DE
TPM STEP MODEL EN TK ASM PSJC.**

TITULACIÓN INTEGRAL
INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES.

PRESENTA:
JOSÉ PEDRO BARRIENTOS MARTÍNEZ

ASESOR INTERNO:
DR. ANTONIO SOLÍS LIMA

APIZACO, TLAXCALA., FEBRERO, 2026



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica

Tzompantepec, Tlaxcala, **18/septiembre/2025**
Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. De oficio: I.E.E. /482/2025

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

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

Nombre del egresado:	JOSÉ PEDRO BARRIENTOS MARTÍNEZ
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. De Control:	16370945
Nombre del proyecto:	"IMPLEMENTACIÓN DE STEP 2 Y ARRANQUE DE STEP 3 DE TPM STEP MODEL EN TK ASM PSJC"
Producto	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

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

ATENTAMENTE

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



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA

MARIO EDUARDO LEAL LÓPEZ
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ANTONIO SOLÍS LIMA

Nombre y firma del asesor

MELL/isa

C.p. Archivo

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 145, e-mail: electronica@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx |
apizaco.tecnm.mx



2025
Año de
La Mujer
Indígena





JOSÉ PEDRO BARRIENTOS MARTÍNEZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
CON NÚMERO DE CONTROL 16370945.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"IMPLEMENTACIÓN DE STEP 2 Y ARRANQUE DE STEP 3 DE TPM MODEL EN TK ASM PSJC"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

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

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena



Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida y durante todo este proceso académico. Gracias por su amor incondicional, su apoyo constante y su fe inquebrantable en mí, incluso en los momentos más difíciles. Su esfuerzo, sacrificio y dedicación han sido la base sobre la cual he podido construir mi formación personal y profesional. Me han enseñado, con su ejemplo, el valor del trabajo duro, la perseverancia y la honestidad. Esta meta alcanzada no sería posible sin todo lo que han hecho por mí.

También deseo agradecer profundamente a mis abuelos, quienes con su sabiduría, cariño y enseñanzas han sido una fuente constante de inspiración. Su apoyo silencioso pero firme, su ejemplo de vida y sus palabras de aliento han tenido un impacto invaluable en mi camino. A ellos les debo una parte muy especial de este logro.

Este trabajo representa no solo el fruto de mi esfuerzo, sino también el de una familia que siempre ha creído en mí. Con todo mi cariño y gratitud, les dedico este logro.

De igual forma, deseo agradecer a mis asesores, el Dr. Antonio Solís Lima (Asesor Interno) y el Ing. Luis Felipe Martínez Peña (Asesor Externo), por compartir conmigo sus valiosos conocimientos, consejos y por su dedicación en la resolución de cualquier duda o inconveniente que surgió durante el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, quiero agradecer al Instituto Tecnológico de Apizaco, que me permitió formarme en la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices. Agradezco a todos los profesores que tuve el privilegio de conocer, a las amistades que fui cultivando durante mi trayecto académico, así como por las futuras oportunidades que este camino me depara.

Resumen

Este proyecto se desarrolló en la empresa Thyssenkrupp, del sector automotriz, ante la ausencia de un plan de lubricación para las herramientas de planta. Esta carencia afectaba el cumplimiento del segundo pilar del TPM, lo cual representaba un punto crítico durante las auditorías internas. Por ello, se hizo necesario implementar un plan que asegurara el mantenimiento adecuado y el cumplimiento de los estándares exigidos.

Para dar solución a esta problemática, se empleó la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM), la cual estuvo orientada a mejorar la eficiencia de los equipos mediante la participación de todos los niveles de la organización. Esta metodología, desarrollada en Japón, se enfocó en mantener y mejorar los sistemas productivos mediante la eliminación de pérdidas, el incremento de la productividad y la promoción del trabajo en equipo.

Una vez implementada la metodología, se logró desarrollar el plan de lubricación, en el cual se especificaron las máquinas y herramientas disponibles en la planta, el tipo de lubricante correspondiente para cada una, la frecuencia con la que debía realizarse la lubricación, así como instrucciones detalladas y apoyadas con material visual sobre el procedimiento, incluyendo también las herramientas necesarias para llevar a cabo dicha actividad.

Al concluir la elaboración del plan, se realizaron pruebas en una herramienta seleccionada al azar, con el propósito de verificar que no existieran anomalías en la estación tras aplicar el procedimiento de lubricación según lo establecido. Como resultado, todo funcionó conforme a lo esperado, sin presentar fallas en el funcionamiento de la máquina, lo que permitió obtener la aprobación de la auditoría interna. De esta manera, la empresa Thyssenkrupp logró implementar satisfactoriamente el paso dos (Step 2) del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en su planta.

Índice

Capítulo I: Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Revisión del Estado de la Técnica	3
1.2.1 Origen y Fundamentación del TPM	4
1.2.2 Aplicaciones Internacionales del TPM	4
1.2.3 Integración con Metodologías de Mejora Continua.....	4
1.2.4 TPM y Transformación Digital	5
1.2.5 Aplicaciones Directas del TPM al Mantenimiento Autónomo.....	5
1.3 Justificación	6
1.3.1 Justificación Teórica.	7
1.3.1.1 Aplicación práctica del TPM.....	7
1.3.1.2 Desarrollo de planes de mantenimiento.....	7
1.3.1.3 Análisis y mejora de procesos operativos.	7
1.3.1.4 Gestión documental técnica.	7
1.3.1.5 Trabajo en equipo y comunicación interdisciplinaria.	8
1.3.1.6 Cumplimiento de auditorías de mantenimiento.	8
1.3.2 Justificación Social	8
1.3.3 Justificación Económica	9

1.3.4 Justificación Ambiental	10
1.4 Objetivos	11
1.4.1 Objetivo General.....	11
1.4.2 Objetivos Específicos	11
Capítulo II: Marco Teórico.....	12
2.1 Principios Fundamentales del TPM.....	13
2.2 Pilares del TPM	14
2.2.1 Mantenimiento Autónomo	14
2.2.2 Mantenimiento Preventivo	14
2.2.3 Mantenimiento Predictivo	14
2.2.4 Educación y Entrenamiento	15
2.2.5 Gestión de Temprana del Equipo	15
2.3 Mejora Continua (Kaizen)	16
2.4 Metodología 5'S	17
Capítulo III: Metodología.....	20
3.1 Diseño de especificaciones	21
3.1.2 Creación de Simbología y Diagrama	21
3.1.3 Creación de Plan de Lubricación	26
3.1.4 Creación del Inventario del Gabinete Principal de Sustancias	36
3.2 Implementación	38

3.2.1 Aplicación de Simbología	38
3.2.2 Aplicación del Plan de Lubricación	46
3.2.3 Capacitación al Personal de Producción.	75
3.3 Pruebas.....	76
3.3.1 Prueba de Plan de Lubricación.	76
3.4 Auditoría Interna	78
3.4.1 Auditoría del Plan de Lubricación	78
Capítulo IV: Resultados y Conclusiones.....	80
4.1 Resultados	80
4.1.1 Diseño de especificaciones o requerimientos.....	80
4.1.2 Implementación del plan de lubricación.....	80
4.1.3 Pruebas de Funcionamiento	81
4.1.4 Auditoría Interna	81
4.2 Conclusiones.....	82
Capítulo V: Competencias desarrolladas y/o aplicadas	83
5.1.1 Conocimiento en la Metodología del Mantenimiento Productivo Total	83
5.1.2 Conocimiento en la Metodología 5S.....	84
5.1.3 Conocimiento en la Metodología Kaizen	84

Índice de Figuras

Figura 1 Pilares del Mantenimiento Productivo Total	16
Figura 2 Los Principios de 5's	18
Figura 3 Simbología y Maquinaria	22
Figura 4 Mapa de Puntos de Lubricación y Estación Línea Front Coner	23
Figura 5 Mapa de Puntos de Lubricación y Estación de Línea Front Strut	24
Figura 6 Mapa de Puntos de Línea Lubricación y Estación de RA 1	25
Figura 7 Mapa de Puntos de Línea Lubricación y Estación de RA 2	26
Figura 8 Prensa A	27
Figura 9 Prensa B	29
Figura 10 Cadena de Motor Conveyo	31
Figura 11 Atornillador de Husillo	33
Figura 12 Unidad Placa (Carraca)	35
Figura 13 Inventario de Gabinete de Sustancias	37
Figura 14 Etiqueta de Identificación	39
Figura 15 Motor Conveyor RA090 sin simbología	39
Figura 16 Motor Conveyo RA090 con simbología	40
Figura 17 Atornillador de Husillo RA130 sin simbología.	41
Figura 18 Husillo RA130 con simbología.	42
Figura 19 Prensa FC030 sin simbología.	43
Figura 20 Prensa FC030 con simbología	44
Figura 21 Tablero 1 TPM mapas de lubricación de todas las estaciones	45
Figura 22 Tablero 2 TPM mapas de lubricación de todas las estaciones	45

Figura 23 Plan de lubricación de prensa A47

Figura 24 Herramientas necesarias para Prensa A52

Figura 25 Plan de lubricación de atornillador de husillo56

Figura 26 Herramienta necesarias para atornillador de husillo63

Figura 27 Plan de lubricación cadena de motor de conveyor68

Figura 28 Herramientas necesarias para la cadena del motor conveyor:73

Figura 29 Capacitación de puntos de lubricación a personal de producción.....75

Figura 30 Prueba de Plan de Lubricación76

Figura 31 Resultado de prueba de prensado.77

Figura 32 Lección punto a punto para atornillador de husillo79

Índice de Tablas

Tabla 1	Plan de Lubricación de Prensa A	28
Tabla 2	Plan de Lubricación de Prensa B	30
Tabla 3	Plan de lubricación a Cadena de Motor Conveyor	32
Tabla 4	Plan de Lubricación a Atornillador de Husillo.	34
Tabla 5	Plan de Lubricación de Unidad Plana	35

Capítulo I: Introducción

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años, la evolución industrial ha sido impulsada por diversas metodologías y herramientas que buscan optimizar los procesos productivos, mejorar la calidad y aumentar la eficiencia operativa. Entre estas herramientas destacan el Control Estadístico del Proceso (SPC), las relaciones cliente-proveedor, JAT-Kanban, el Mantenimiento Productivo Total (TPM), SMED y diversas actividades de mejora de productividad. Estas metodologías han sido adoptadas por las empresas más avanzadas, con el objetivo de elegir las más adecuadas para mejorar sus operaciones (Sacristán, 2002).

En este contexto, la empresa Thyssenkrupp decidió implementar de manera integral la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM), con el propósito de alcanzar una eficiencia total en sus operaciones. El TPM tuvo como objetivo optimizar el uso de los equipos, la maquinaria y las instalaciones productivas, además de reducir las inversiones necesarias en estos activos para maximizar su rendimiento y vida útil (López, 2009). No obstante, para alcanzar este objetivo, fue necesario completar de manera efectiva la implementación de sus pasos fundamentales.

El TPM se basa en pilares esenciales como el mantenimiento autónomo, el mantenimiento programado, la calidad en el mantenimiento, la creación de grupos técnicos de planificación y revisión de programas, y el desarrollo de programas de capacitación (Lozada, 2017). En este sentido, la empresa se encuentra en una etapa de transición en la que debe cerrar por completo el Step 2 y avanzar hacia el Step 3 del TPM. Estos pasos (Steps) corresponden a los niveles que conforman el Mantenimiento Productivo Total (TPM), los cuales, en total, son cinco. Cada uno de

ellos permite conocer e identificar el nivel de implementación en el que se encuentra actualmente la organización, así como establecer el siguiente nivel al que se desea avanzar.

El problema radica en que, aunque se han realizado esfuerzos por implementar el TPM, aún existen puntos abiertos o inconclusos en el Step 2, lo que impide avanzar de manera efectiva hacia la siguiente fase. Es crucial completar las actividades requeridas en este paso para evitar paros en la línea de producción, retrasos con los clientes y reducir los costos asociados al scrap.

Además, el buen funcionamiento de los equipos es fundamental para mantener la productividad, la rentabilidad y la vida útil de los activos, ya que el incumplimiento de los mantenimientos programados puede afectar negativamente su desempeño y ocasionar costos adicionales (Moreira, 2022).

El objetivo del TPM es mejorar continuamente la disponibilidad de los equipos y prevenir su degradación para lograr la máxima efectividad operativa. Esto requiere un fuerte compromiso por parte de la administración y el uso constante de equipos de trabajo y actividades colaborativas para lograr mejoras incrementales (Acuña, 2019).

Por lo tanto, la tarea principal consiste en cerrar de manera efectiva el Step 2 del TPM y avanzar al Step 3, acercando a la empresa a la implementación total del sistema y generando beneficios tangibles en la producción.

1.2 Revisión del Estado de la Técnica

El presente estado de la técnica tiene como objetivo analizar y sintetizar los principales estudios e investigaciones que han abordado la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como una herramienta clave para mejorar la eficiencia operativa y resolver problemas relacionados con el mantenimiento industrial.

A lo largo de las últimas décadas, el TPM ha evolucionado desde su origen en Japón hacia una práctica global, integrándose con otras metodologías de mejora continua y adaptándose a los cambios tecnológicos, especialmente en el contexto de la Industria 4.0.

Esta revisión se organiza de forma cronológica y temática, destacando los aportes más relevantes de diversos investigadores y su aplicación en distintos sectores industriales. Además, se identifican las principales problemáticas que han motivado el uso del TPM, tales como fallas en los equipos, baja productividad, tiempos de inactividad, y la necesidad de establecer un mantenimiento preventivo y predictivo eficaz.

El análisis también incluye estudios que han explorado la integración del TPM con enfoques como Lean Manufacturing y Six Sigma, así como las adaptaciones más recientes a entornos inteligentes.

La recopilación de estos trabajos permite establecer una base sólida para comprender la evolución, el impacto y las oportunidades de mejora que ofrece el TPM, además de justificar su aplicación en el contexto específico del presente proyecto desarrollado en la empresa Thyssenkrupp.

1.2.1 Origen y Fundamentación del TPM

El Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), liderado por Seiichi Nakajima (1988), fue el precursor del TPM como respuesta a la necesidad de involucrar al personal de producción en el cuidado de los equipos. Nakajima propuso una estructura basada en ocho pilares, destacando el mantenimiento autónomo como elemento clave para empoderar a los operadores en la ejecución de tareas básicas como limpieza, inspección y lubricación. Esta propuesta fue adoptada por industrias japonesas como Toyota y Nissan, mostrando mejoras sustanciales en productividad y reducción de fallas.

1.2.2 Aplicaciones Internacionales del TPM

Durante la década de los 90, el TPM fue progresivamente adaptado a contextos fuera de Japón. Anjaneyulu y Reddy (1995) investigaron la implementación de TPM en industrias manufactureras en India, donde se observó una mejora significativa en los indicadores de mantenimiento, incluyendo reducción en tiempos de paro no programado.

A su vez, Lee y Kim (1997) documentaron su aplicación en fábricas europeas, demostrando que el enfoque era adaptable a diversas realidades organizacionales y que la estandarización de prácticas como la lubricación sistemática permitía disminuir fallas recurrentes.

1.2.3 Integración con Metodologías de Mejora Continua

En los años 2000, la literatura comenzó a enfocarse en la integración del TPM con otras metodologías. Gupta y Jain (2006) exploraron su sinergia con Lean Manufacturing y Six Sigma, encontrando que la combinación de estos enfoques no solo optimizaba el rendimiento de los equipos, sino que también generaba una cultura de mejora continua más sólida. En estas

investigaciones, el rol del operador y la estandarización de rutinas de mantenimiento —como la limpieza y lubricación periódica— fueron elementos clave para lograr eficiencia sostenible.

1.2.4 TPM y Transformación Digital

Con la llegada de la Industria 4.0, el enfoque del TPM se ha modernizado. Estudios recientes como el de Lee y Kim (2014) han mostrado cómo el mantenimiento autónomo puede ser complementado con tecnologías digitales, tales como sensores para monitoreo de lubricación, IoT e inteligencia artificial. Estas herramientas permiten implementar mantenimiento predictivo, pero sin desplazar la importancia de las tareas básicas estandarizadas. En este contexto, el plan de lubricación sigue siendo esencial como paso previo a la digitalización, especialmente en empresas que aún transitan entre lo tradicional y lo tecnológico.

1.2.5 Aplicaciones Directas del TPM al Mantenimiento Autónomo

Uno de los componentes fundamentales del TPM es el paso 2 del mantenimiento autónomo, que se enfoca en la creación de estándares visuales y procedimientos de limpieza y lubricación. Sharma et al. (2017) desarrollaron un caso en una planta automotriz donde la implementación de un plan de lubricación estructurado permitió reducir un 40% las fallas por desgaste, y se mejoró el cumplimiento de auditorías internas.

Casos como este reflejan la importancia de documentar detalladamente cada tarea de mantenimiento, lo que guarda una estrecha relación con el presente proyecto en la empresa Thyssenkrupp.

La revisión de la literatura evidencia que el TPM ha sido aplicado exitosamente en distintos contextos industriales como herramienta de mejora continua. Su aplicación ha evolucionado desde la simple intervención técnica hasta convertirse en una filosofía organizacional.

En particular, el desarrollo de planes de lubricación dentro del marco del mantenimiento autónomo ha demostrado ser una estrategia eficaz para reducir fallas, mejorar la eficiencia operativa y cumplir con los estándares de auditoría. Por tanto, la implementación de esta metodología en Thyssenkrupp no solo es técnicamente viable, sino que está respaldada por múltiples estudios que validan su efectividad.

1.3 Justificación

En un entorno industrial altamente competitivo y orientado a la mejora continua, las empresas del sector automotriz enfrentan el desafío constante de optimizar sus procesos productivos, reducir tiempos de inactividad y asegurar la calidad operativa de sus equipos. Dentro de este contexto, el mantenimiento adecuado de las herramientas y maquinaria adquiere una relevancia estratégica, especialmente cuando se trata de cumplir con estándares internacionales y auditorías internas.

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) se ha consolidado como una metodología efectiva para enfrentar estos retos, ya que promueve la participación de todo el personal en la conservación y mejora de los activos productivos. Particularmente, el desarrollo de actividades correspondientes al paso 2 del mantenimiento autónomo como la estandarización de rutinas de limpieza y lubricación representa una acción concreta para prevenir fallos mecánicos y extender la vida útil de los equipos.

En este sentido, el presente proyecto busca responder a una necesidad puntual identificada en la empresa Thyssenkrupp, donde se evidenció la falta de un plan de lubricación sistemático para sus herramientas en planta. La ausencia de este control afecta directamente el cumplimiento de auditorías y compromete la eficiencia operativa. Por ello, se justifica plenamente la elaboración de

un plan estructurado que contribuya al cierre de brechas en el sistema de mantenimiento y que fortalezca la implementación del TPM como una estrategia integral de mejora.

1.3.1 Justificación Teórica.

Durante el desarrollo del presente proyecto en la empresa Thyssenkrupp, se generó una memoria técnica, el cual, permitirá la adquisición y fortalecimiento de conocimientos tanto técnicos como metodológicos. Entre los principales aprendizajes se encuentra:

1.3.1.1 Aplicación práctica del TPM.

Comprensión profunda de la metodología del Mantenimiento Productivo Total, sus pilares fundamentales y la forma correcta de aplicarlos en entornos industriales reales.

1.3.1.2 Desarrollo de planes de mantenimiento.

Capacitación en la elaboración de planes de lubricación sistemáticos, considerando variables como tipo de equipo, condiciones de operación, y especificaciones técnicas del fabricante.

1.3.1.3 Análisis y mejora de procesos operativos.

Habilidad para identificar puntos críticos en el mantenimiento, proponer mejoras operativas y documentar procedimientos bajo criterios de calidad y eficiencia.

1.3.1.4 Gestión documental técnica.

Experiencia en la creación de instructivos, formatos de control y reportes técnicos que cumplen con los estándares industriales y son útiles para auditorías internas o externas.

1.3.1.5 Trabajo en equipo y comunicación interdisciplinaria.

Desarrollo de competencias para interactuar con áreas como mantenimiento, producción, calidad y seguridad, fomentando el trabajo colaborativo en el entorno industrial.

1.3.1.6 Cumplimiento de auditorías de mantenimiento.

Conocimiento sobre los criterios evaluados en auditorías internas con relación al mantenimiento autónomo, y cómo asegurar el cumplimiento mediante documentación adecuada y prácticas estandarizadas.

1.3.2 Justificación Social

Más allá de los beneficios técnicos, este proyecto tiene un impacto social significativo, ya que la implementación del TPM y del plan de lubricación incide directamente en el bienestar de las personas dentro de la organización.

Uno de los principales aportes es la **mejora en la seguridad laboral**, al mantener los equipos en condiciones óptimas y reducir los riesgos de fallas que puedan ocasionar accidentes. Asimismo, se logra una **reducción del estrés laboral**, ya que los trabajadores enfrentan menos interrupciones imprevistas y trabajan en un entorno más ordenado y predecible.

La aplicación del TPM promueve además el **desarrollo personal y profesional** del personal operativo y técnico, quienes adquieren nuevos conocimientos y habilidades en mantenimiento autónomo y lubricación preventiva.

Esto no solo fortalece su perfil profesional, sino que también mejora su autoestima y su sentido de utilidad dentro de la organización. Al fomentar la participación activa de todos los

niveles, se incentiva el **trabajo en equipo**, la comunicación y el respeto mutuo, generando un clima laboral más colaborativo y positivo.

Por otra parte, este proyecto impacta de forma directa en la **estabilidad económica** del entorno, ya que, al mejorar la eficiencia y confiabilidad de los procesos productivos, se reduce el riesgo de pérdidas económicas, se garantiza la continuidad de las operaciones y se protege la fuente de empleo de los trabajadores. En conjunto, estos beneficios personales y sociales convierten a este proyecto en una propuesta que no solo busca optimizar procesos, sino también **mejorar la calidad de vida laboral**, dignificar el rol del trabajador y contribuir al desarrollo humano dentro del ámbito industrial.

1.3.3 Justificación Económica

Una de las principales justificaciones económicas del Mantenimiento Productivo Total (TPM) es su capacidad para reducir los costos operativos. Al enfocarse en el mantenimiento preventivo y predictivo, TPM minimiza las paradas no planificadas y las reparaciones de emergencia. Este enfoque permite que los equipos de producción operen de manera más eficiente, reduciendo los tiempos de inactividad y mejorando la disponibilidad de los activos.

La reducción de paradas no planificadas y la optimización de los tiempos de producción tienen un impacto directo en los costos operativos, lo que se traduce en una mayor rentabilidad para la empresa. Menos fallos no solo disminuyen los costos asociados con las reparaciones, sino también los gastos indirectos derivados de la pérdida de productividad, lo que mejora la eficiencia general de la planta.

El TPM también promueve el mantenimiento autónomo, donde los operadores realizan tareas básicas de mantenimiento, como limpieza, lubricación y monitoreo de los equipos. Este

enfoque reduce la dependencia del personal especializado en mantenimiento y permite detectar problemas antes de que se conviertan en fallos costosos.

Al disminuir la carga de trabajo del personal de mantenimiento especializado, se reducen los costos laborales asociados con las intervenciones de mantenimiento. Además, la detección temprana de problemas previene reparaciones mayores, lo que conlleva una reducción significativa de los costos de mantenimiento generales.

1.3.4 Justificación Ambiental

Dentro del marco del Mantenimiento Productivo Total (TPM), uno de sus objetivos clave es minimizar el desperdicio de materiales en el proceso de producción. Esto se logra a través de un mantenimiento más eficiente y una mayor fiabilidad de los equipos.

La mejora en la calidad de los productos y la reducción de defectos resultan en menos productos rechazados o desechados, lo que, a su vez, reduce la cantidad de materiales desperdiciados.

La reducción del desperdicio de materiales no solo disminuye los costos operativos, sino que también reduce la necesidad de extraer más recursos naturales y procesar más materias primas. Esto contribuye significativamente a la conservación de los recursos naturales y a la disminución de la huella ecológica asociada con la producción.

El TPM también promueve prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo, lo que garantiza que los equipos operen a su máxima eficiencia energética. La eficiencia energética se mejora al eliminar fallas que podrían causar un uso ineficiente de la energía, así como al optimizar los parámetros operativos de las máquinas.

Mejorando la eficiencia energética de las operaciones, se reduce el consumo de energía, lo que disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por la producción de electricidad. Además, esta reducción en el consumo de energía ayuda a mitigar los efectos del cambio climático y favorece la transición hacia un modelo de producción más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Implementar el Step 2 del Mantenimiento Productivo Total en la empresa Thyssenkrupp Automotive Systems de México SA de CV.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseño de especificaciones.
- Implementación.
- Pruebas
- Aprobación en auditoría interna.

Capítulo II: Marco Teórico

El presente capítulo tiene como finalidad establecer los fundamentos conceptuales que sustentan el desarrollo de este proyecto. En términos generales, el **marco teórico** es una recopilación estructurada de conceptos, teorías y antecedentes relevantes que permiten comprender el contexto técnico y metodológico del tema de investigación. Este marco proporciona las bases necesarias para analizar, interpretar y justificar las decisiones adoptadas en la propuesta de implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y su aplicación práctica en la elaboración de un plan de lubricación.

A lo largo de este capítulo, se abordarán de forma progresiva los principales elementos que componen el enfoque del TPM, iniciando con la descripción de sus **principios fundamentales**, que explican la filosofía base del mantenimiento centrado en la participación de todos los niveles de la organización y en la prevención de fallas. Luego, se desarrollarán los **pilares del TPM**, los cuales representan las áreas estratégicas que sostienen su aplicación efectiva dentro de una planta industrial.

Posteriormente, se analizará el concepto de **mejora continua (Kaizen)** como una herramienta clave para el perfeccionamiento progresivo de los procesos, fortaleciendo la cultura de la calidad y la eficiencia. Finalmente, se presentará la **metodología 5's**, un sistema de organización y orden en el lugar de trabajo que facilita la implementación del TPM, al crear entornos más seguros, limpios y productivos.

Estos temas conforman la base teórica que respalda la propuesta de esta tesis, y su comprensión es esencial para contextualizar la importancia del mantenimiento preventivo,

particularmente a través del diseño e implementación de un plan de lubricación eficiente y sostenible.

2.1 Principios Fundamentales del TPM

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una filosofía de gestión orientada a maximizar la eficiencia de los equipos mediante la mejora continua del mantenimiento y la colaboración entre todos los niveles de la organización. Esta metodología no solo busca mejorar la disponibilidad de los equipos, sino también fomentar la participación activa de los operadores, reducir los costos operativos y promover una cultura de seguridad y calidad en el entorno de trabajo.

El TPM es un enfoque sistemático que requiere el compromiso de todos los miembros de la organización, desde los operadores hasta los directivos, para mejorar la eficiencia de los equipos y prevenir fallos. Esto se logra a través del mantenimiento autónomo, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento predictivo (Nakajima, 1988).

El TPM surgió en Japón en la década de 1970 como parte de un esfuerzo por mejorar la eficiencia de los equipos de producción en la industria manufacturera. Se basa en la filosofía de que la responsabilidad del mantenimiento no debe recaer exclusivamente en el departamento de mantenimiento, sino que debe ser un esfuerzo colaborativo en el que todos los empleados, incluidos los operadores, participen activamente.

Los beneficios del TPM incluyen una mayor disponibilidad de los equipos, menores costos operativos, una mayor calidad del producto y una cultura organizacional enfocada en la mejora continua. Estas mejoras contribuyen al éxito a largo plazo de la organización (Schilling, 2017).

2.2 Pilares del TPM

2.2.1 Mantenimiento Autónomo

El mantenimiento autónomo implica la participación activa de los operadores, quienes asumen la responsabilidad del mantenimiento básico de los equipos, tales como la limpieza, lubricación y revisión diaria. Este enfoque permite que los operadores desempeñen un papel crucial en el cuidado de los equipos, lo que reduce significativamente la posibilidad de fallos. Al involucrar a los operadores como los primeros responsables de la salud de sus equipos, se les capacita para actuar de manera preventiva y detectar posibles problemas antes de que se conviertan en fallos graves (Nakajima, 1988).

2.2.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es una estrategia que consiste en realizar tareas de mantenimiento programadas con el fin de evitar fallos inesperados y mejorar la confiabilidad de los equipos. Este enfoque permite maximizar el tiempo de disponibilidad de los equipos y minimizar la interrupción de la producción, asegurando que los equipos se mantengan en buen estado de funcionamiento durante el mayor tiempo posible, reduciendo las fallas imprevistas y los tiempos de inactividad no planificados (Kobayashi, 2009).

2.2.3 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo hace uso de técnicas avanzadas de monitoreo y diagnóstico, como el análisis de vibraciones, para predecir cuándo un equipo puede fallar. Esta práctica permite realizar intervenciones en el momento adecuado, evitando paradas no planificadas y maximizando la eficiencia operativa.

El mantenimiento predictivo facilita la detección de problemas antes de que ocurran, asegurando que los equipos operen con la mayor eficiencia posible (Smith & Hawkins, 2004).

2.2.4 Educación y Entrenamiento

El pilar de la educación y el entrenamiento tiene como objetivo mejorar el conocimiento de los trabajadores sobre mantenimiento, resolución de problemas y mejora continua, promoviendo una cultura organizacional basada en la autogestión. Este pilar busca reducir la brecha entre el conocimiento actual y el requerido para una implementación efectiva del TPM. Para ello, se implementan programas de capacitación específicos para operarios, técnicos y directivos, asegurando que todos comprendan su papel en la mejora de la eficiencia global de los equipos (Suzuki, 2017).

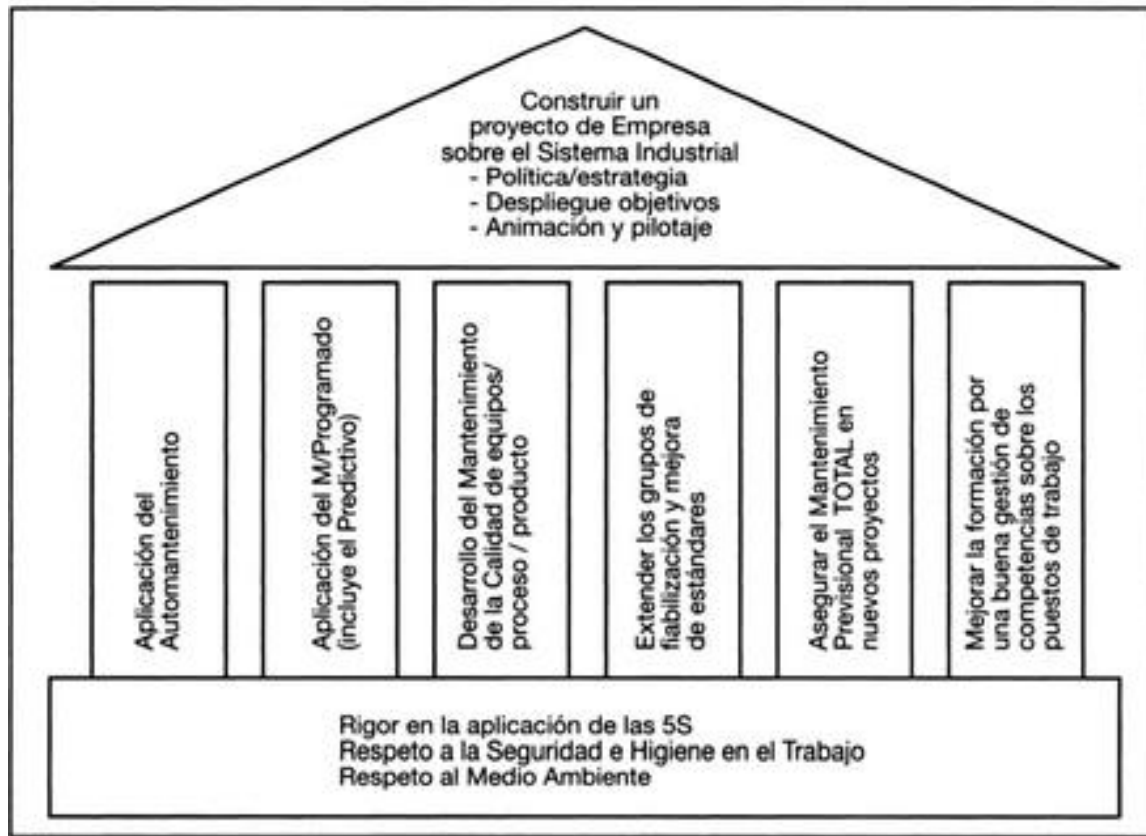
2.2.5 Gestión de Temprana del Equipo

La gestión temprana del equipo se centra en la optimización del diseño y la instalación de nuevos equipos para garantizar su alta eficiencia desde el inicio de su operación. Su objetivo es reducir el tiempo de arranque y minimizar problemas en la fase inicial de producción mediante la incorporación de mejoras basadas en la experiencia operativa y de mantenimiento.

Según Nakajima (1988), la gestión temprana del equipo contribuye a mejorar tanto la calidad del producto como la productividad, al reducir el tiempo de adaptación de los operadores a nuevas tecnologías. En la figura 1 se muestra una imagen de los pilares del TPM.

Figura 1

Pilares del Mantenimiento Productivo Total



Nota. Adaptado de Sacristán, F. R. (2002). Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo. Fc Editorial.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=t05vRBKtkQcC&oi=fnd&pg=PA3&dq=tpm+mantenimiento&ots=k09GxCeypS&sig=-fhTTR-6SnfDDEXigz9MUmO3yS4#v=onepage&q&f=false

2.3 Mejora Continua (Kaizen)

Kaizen es una filosofía de gestión que se basa en la participación activa de todos los empleados, desde los niveles operativos hasta los de alta dirección, en la identificación y resolución de problemas. A diferencia de enfoques que promueven cambios radicales o transformaciones significativas, Kaizen se enfoca en mejoras graduales y continuas en todos los aspectos de la

organización. Esta filosofía es fundamental en la gestión de la calidad total (TQM) y en enfoques como el Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El enfoque Kaizen implica que todos los empleados, desde los trabajadores hasta la alta dirección, participen activamente en la identificación y resolución de problemas, lo que facilita la mejora continua de la calidad, productividad y eficiencia en todos los niveles de la organización (Imán, 1986).

El principal objetivo de Kaizen es mejorar la calidad y la productividad mediante el involucramiento de todos los niveles de la organización en el proceso de mejora continua. Este enfoque no solo promueve la optimización de los procesos, sino que también lleva a la creación de una cultura organizacional centrada en la mejora constante (Liker, 2004).

Por otro lado, Ohno (1988) explica que Kaizen es un pilar fundamental del Sistema de Producción Toyota (TPS), ya que permite detectar inefficiencias en tiempo real y promover la estandarización de mejores prácticas.

2.4 Metodología 5'S

La metodología 5S es una técnica de gestión japonesa orientada a mejorar la organización, limpieza y eficiencia en el lugar de trabajo. Su nombre proviene de cinco palabras en japonés que representan cada uno de sus principios fundamentales: **Seiri** (Clasificar), **Seiton** (Ordenar), **Seiso** (Limpiar), **Seiketsu** (Estandarizar) y **Shitsuke** (Disciplina) (Hirano, 1995). En la figura 2 se muestra un ejemplo de estos principios mencionados anteriormente.

Figura 2

Los Principios de 5's



Nota. Adaptado de Moreira Pino, O. A. (2022). Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil (Master's thesis). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22961/1/UPS-GT003900.pdf>

Según Hirano (1995), la metodología 5S es la base tanto del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como del Sistema de Producción Toyota (TPS), ya que permite eliminar desperdicios, mejorar la seguridad y aumentar la productividad.

Principios de la Metodología 5S

1. **Seiri (Clasificar):** Este principio consiste en separar los elementos necesarios de los innecesarios, eliminando lo que no se usa con el fin de evitar desorden y optimizar el espacio de trabajo (Osada, 1991).
2. **Seiton (Ordenar):** Implica ubicar los elementos necesarios de manera lógica y accesible para reducir los tiempos de búsqueda y mejorar la eficiencia (Imai, 1986).
3. **Seiso (Limpiar):** En este principio se busca mantener el área de trabajo limpia y libre de contaminantes para mejorar la seguridad y prevenir fallos en los equipos (Hirano, 1995).
4. **Seiketsu (Estandarizar):** Se refiere a la creación de procedimientos y normas para mantener el orden y la limpieza, asegurando que las mejoras se mantengan a largo plazo (Osada, 1991).
5. **Shitsuke (Disciplina):** Consiste en fomentar la cultura de la disciplina y el compromiso dentro de la organización, de manera que las 5S se conviertan en un hábito arraigado en todos los niveles (Imai, 1986).

Capítulo III: Metodología

La **metodología** representa un componente esencial en toda investigación, ya que define la estructura y el conjunto de procedimientos sistemáticos que se seguirán para alcanzar los objetivos propuestos. En este capítulo se describe el enfoque metodológico aplicado para desarrollar e implementar un plan de lubricación basado en los principios del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y reducir fallas en los equipos.

Para este trabajo, se adopta como guía la **metodología propuesta por Cegarra Sánchez (2008)**, la cual se caracteriza por su enfoque estructurado y práctico para abordar problemas reales en contextos organizacionales e industriales. Esta metodología sugiere una secuencia lógica de pasos para el diseño, aplicación y validación de propuestas de mejora, y es ampliamente reconocida por su utilidad en investigaciones orientadas a la acción y la mejora continua.

Adaptando dicha metodología al contexto de esta tesis, se establecen tres etapas principales que guían el desarrollo del proyecto:

- **Diseño de especificaciones:** en esta fase se realiza un diagnóstico del estado actual del mantenimiento, se identifican los puntos críticos de lubricación en los equipos, se seleccionan los lubricantes adecuados y se define la frecuencia de aplicación. Este diseño se basa en datos técnicos y observaciones directas del entorno de trabajo.
- **Implementación:** corresponde a la ejecución del plan de lubricación, integrando las actividades dentro del sistema TPM y promoviendo la participación activa del personal operativo. Esta fase también incluye la capacitación del personal y la aplicación de herramientas como 5's y Kaizen para asegurar la sostenibilidad del plan.

- **Pruebas y evaluación:** en esta última etapa se monitorea la aplicación del plan, se recopilan datos sobre el comportamiento de los equipos y se analizan indicadores de desempeño como disponibilidad, frecuencia de fallas y cumplimiento del plan. Esta retroalimentación permite hacer ajustes y validar la efectividad de la propuesta.

Estas fases metodológicas permiten llevar a cabo un proceso ordenado, riguroso y replicable, alineado con los principios de mejora continua que caracterizan tanto al TPM como a la metodología de Cegarra Sánchez.

A través de este enfoque, se garantiza que la solución propuesta no solo sea técnicamente viable, sino también sostenible y aplicable en otros entornos industriales similares.

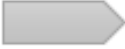
3.1 Diseño de especificaciones

3.1.2 Creación de Simbología y Diagrama

Para llevar a cabo el Plan de Lubricación en las líneas de producción de la empresa, la primera acción clave consistió en identificar el tipo de maquinaria y herramientas presentes que se tenía en cada estación que requiera lubricación. Con este propósito, se elaboró la siguiente simbología para tener de forma más clara y rápida esta información, la cual se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Simbología y Maquinaria

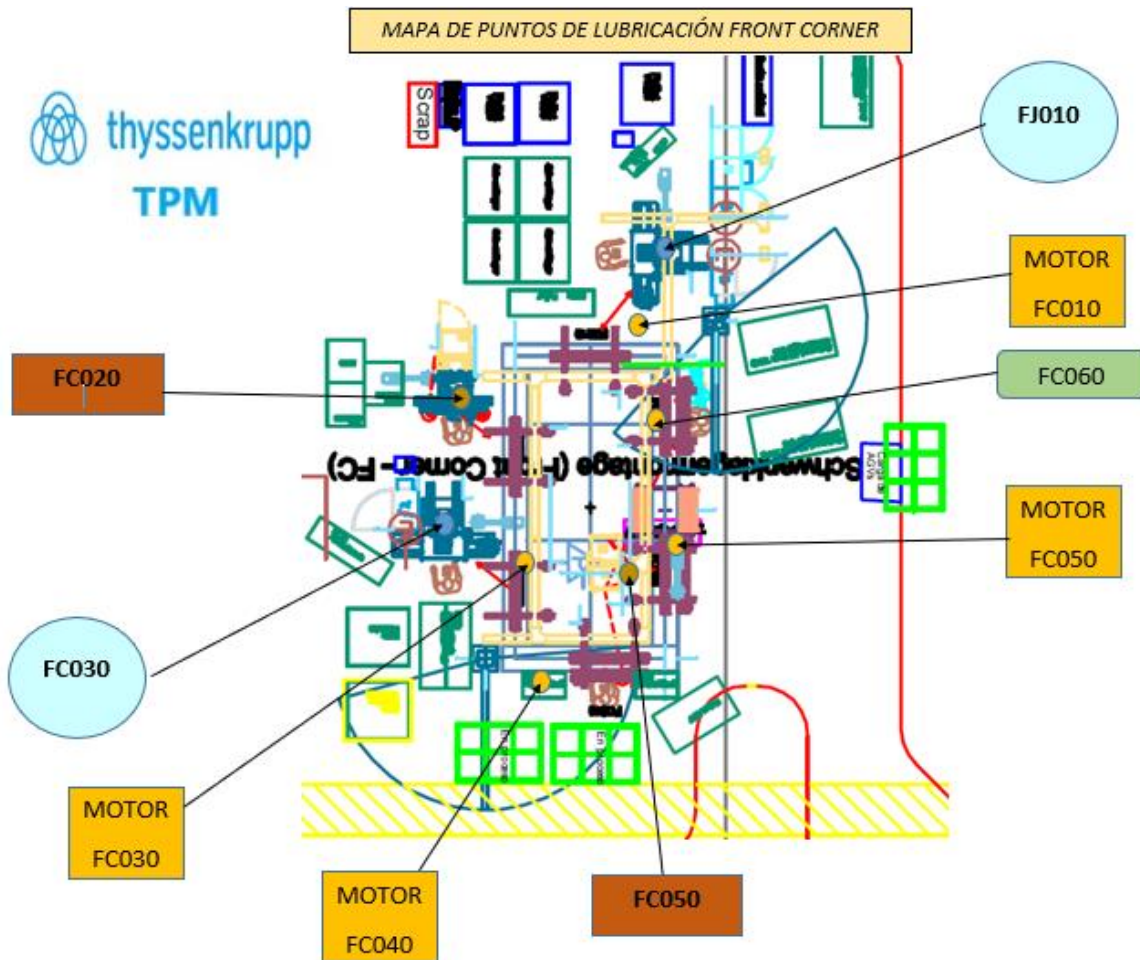
SIMBOLOGÍA	
	PRENSA A
	PRENSA B
	ATORNILADORES DE HUSILLO
	MOTOR CON CADENAS PARA CONVEYOR
	UNIDAD PLANA (CARRACA)
	UNIDAD DE MANTENIMIENTO NEUMÁTICA
	GUÍA DENTADA
	POLIPASTO
	KUKA
	SISTEMA DE LUBRICACIÓN
	GABINETE PRINCIPAL DE SUSTANCIAS

Nota: Se muestra cada una de la maquinaria con su respectivo indicador y figura para poder identificarlo en línea.

La línea de producción se dividió en tres secciones. En la Figura 4 se muestra la línea de *Front Corner* (Módulo delantero) con su simbología e indicadores correspondientes, así también el nombre de la estación de trabajo.

Figura 4

Mapa de Puntos de Lubricación y Estación Línea Front Corner

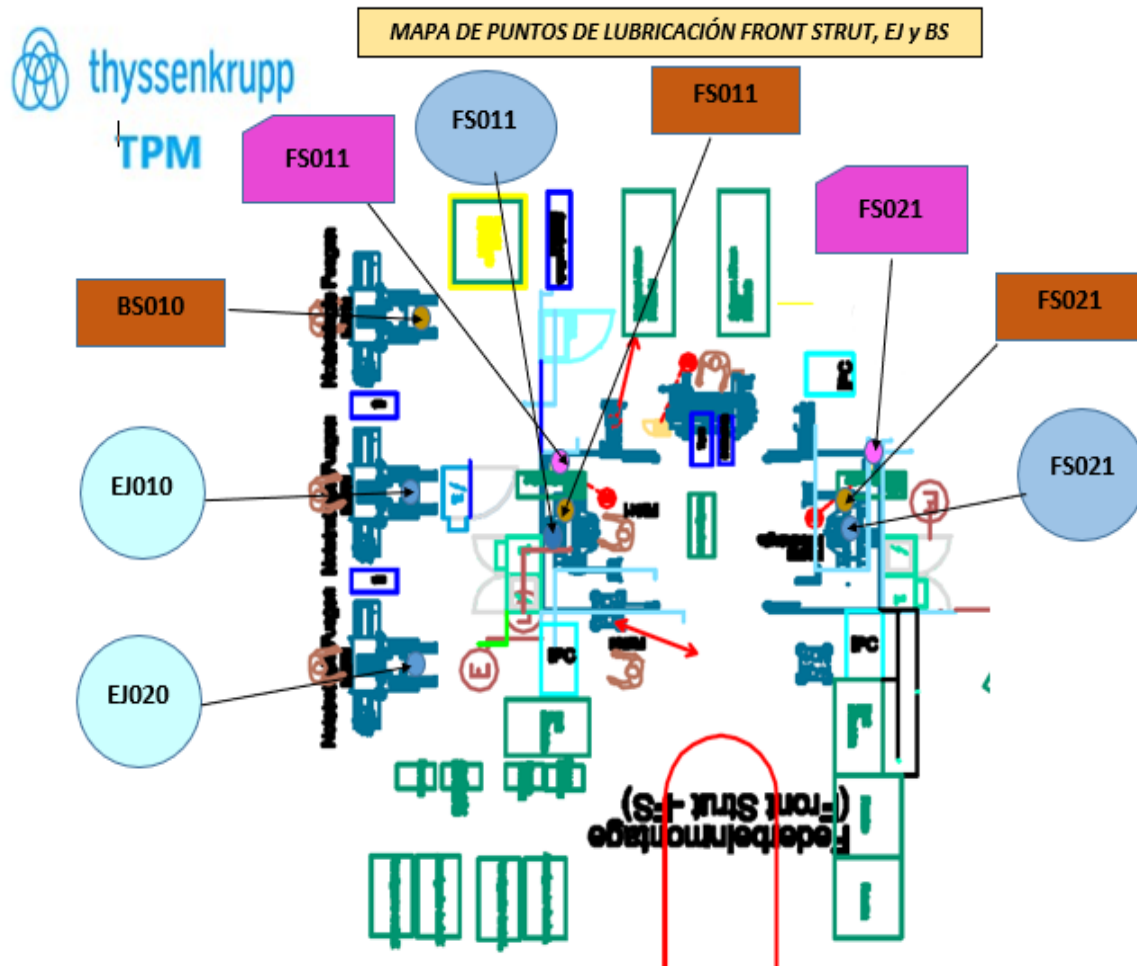


Nota: Cada estación tiene indicado el tipo de maquinaria que se tiene instalada para evitar perder tiempo de andar buscando la ubicación del mismo

En la Figura 5 se muestra la línea **Front Strut** (Amortiguador delantero) junto con su simbología e indicadores correspondientes. Asimismo, se incluye el nombre de la estación de trabajo, con el objetivo de proporcionar al colaborador una ayuda visual que facilite la identificación y ubicación de la estación que se desea intervenir.

Figura 5

Mapa de Puntos de Lubricación y Estación de Línea Front Strut

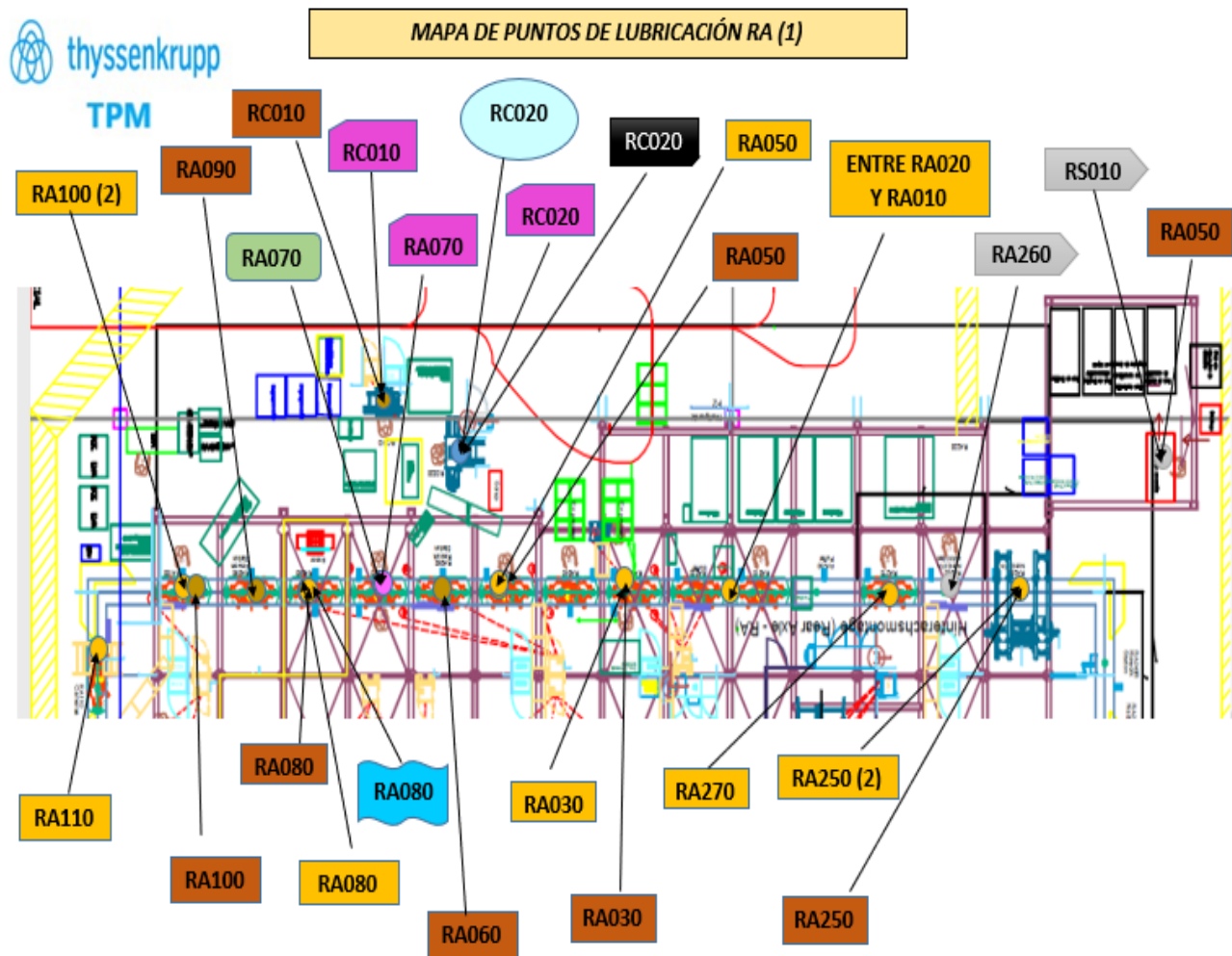


Nota: Cada estación tiene indicado el tipo de maquinaria que se tiene instalada para evitar perder tiempo de andar buscando la ubicación del mismo

Finalmente, en la Figura 6 se presenta la línea **RA** (Eje trasero). En cada estación se especifica, mediante el uso de simbología, la ubicación exacta de cada punto de lubricación correspondiente dentro de la estación.

Figura 6

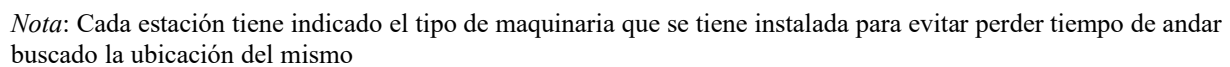
Mapa de Puntos de Línea Lubricación y Estación de RA 1



Nota: Cada estación tiene indicado el tipo de maquinaria que se tiene instalada para evitar perder tiempo de andar buscando la ubicación del mismo

En la Figura 7 se muestra el otro lado de la línea RA, debido a que esta línea es mas grande que las demás, se tuvo que dividir en dos la ayuda visual para no tener las simbologías y las estaciones amontonadas y el colaborar no pudiera distinguir bien cada estación.

Mapa de Puntos de Línea Lubricación y Estación de RA 2



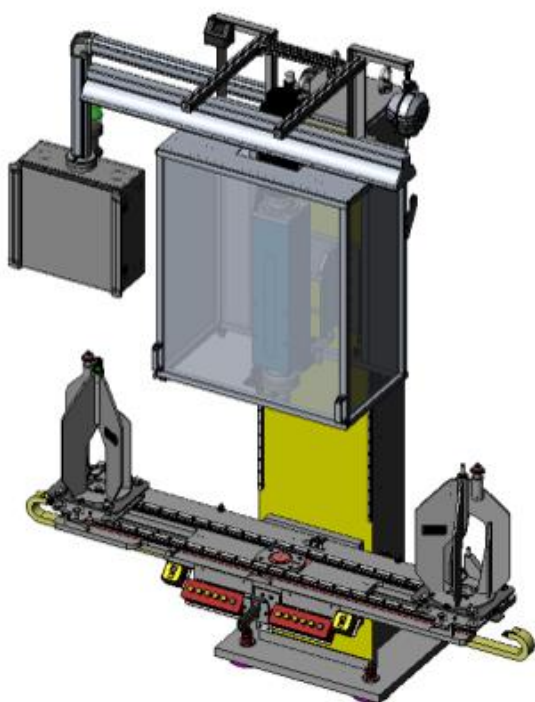
En la metodología del TPM, se establece que cualquier empleado de la empresa puede colaborar en tareas sencillas, por lo que la lubricación de las máquinas es una de ellas. Para ello, se llevó a cabo una investigación dentro de la empresa para identificar las máquinas que requerían lubricación, el tipo de lubricante que utilizaban, la frecuencia de lubricación y la cantidad necesaria para cada una de ellas.

Es importante destacar que toda la información fue obtenida a partir de los manuales específicos de cada máquina o herramienta, los cuales fueron proporcionados por la empresa. Con base en esta información, se elaboró un manual en el que se resume y detalla, de manera clara y concisa, el procedimiento paso a paso para aplicar correctamente la lubricación en cada equipo.

Debido a restricciones internas de la empresa, no fue posible revelar el nombre de las prensas utilizadas; por esta razón, se identificaron con las letras **A** y **B**. En la Figura 8 se presenta un plano representativo de la prensa **A**, cuya función es el prensado de bujes en diversas piezas dentro del proceso productivo.

Figura 8

Prensa A



Nota: Ejemplo ilustrativo de Prensa A

En relación con lo anterior, en la Tabla 1 se presenta el plan de lubricación elaborado para la prensa **A**. Los datos y acciones incluidos fueron tomados como referencia del manual del fabricante, y se han sintetizado de manera concisa con el objetivo de facilitar su comprensión por parte del colaborador al momento de realizar dicha actividad.

Tabla 1

Plan de Lubricación de Prensa A

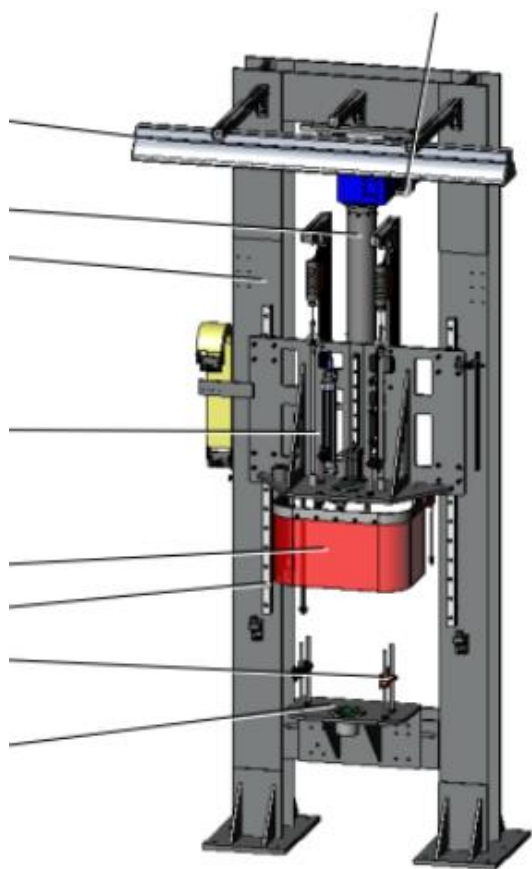
Elemento	Tipo de aceite	Descripción de lubricación	Cantidad	Tiempo de lubricación
Prensa A	LGTM 2/18 General Purpose SKF Bearing Grease	1.- Retirar tapa con dos tornillos M4. 2.- Pasar la estación a modo manual. 3.- Apagar máquina. 4.- Colocar pistola de lubricación con punta con la grasa necesaria en punto de aplicación. 5.- Aplicar la cantidad necesaria de lubricante. 6.- Con un textil retirar el exceso de lubricante. 7.- Encender la prensa. 8.- Joggear la prensa. 9.- Mandar a home a la prensa. 10.- Poner en automático la prensa.	100 gramos	ANTES: Anual AHORA: semestral

Nota: Se describe tanto los pasos a seguir como el tiempo y la cantidad de lubricante necesario para aplicar.

Por otro lado, la prensa **B** cumple la función de comprimir los resortes que ingresan a la estación, lo cual permite su posterior aseguramiento mediante torque, garantizando así la correcta instalación del resorte en el amortiguador. En la Figura 9 se muestra un ejemplo representativo de esta prensa.

Figura 9

Prensa B



Nota: Ejemplo ilustrativo de Prensa B

Por esta razón, también se desarrolló un plan de lubricación específico para la prensa **B**, ya que, debido a su uso constante, es fundamental realizar una lubricación adecuada que garantice el correcto funcionamiento del prensado. Esto contribuye a prevenir posibles fallas que pudieran derivar en reclamaciones por parte del cliente. Dicho plan puede consultarse en la Tabla 24.

Tabla 2*Plan de Lubricación de Prensa B*

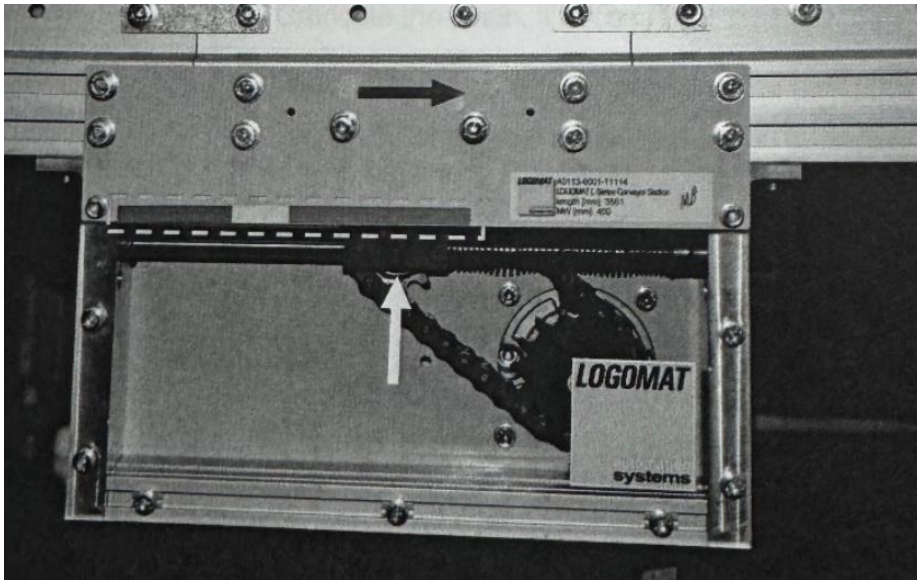
Elemento	Tipo de aceite	Descripción de lubricación	Cantidad	Tiempo de lubricación
Prensa B	LGTM 2/5 High Temperature SKF Bearing Grease	1.- Retirar tornillo de acceso a punto de lubricación. 2.- Pasar la estación a modo manual. 3.- Mover la prensa al punto de lubricación y corroborar viendo a través del orificio del tornillo previamente retirado. 4.- Apagar máquina. 5.- Colocar pistola de lubricación con punta con la grasa necesaria en punto de aplicación. 6.- Aplicar la cantidad necesaria de lubricante. 7.- Con un textil retirar el exceso de lubricante. 8.- Colocar tornillo de acceso al punto de lubricación. 8.- Encender la prensa. 9.- Joggear la prensa. 10.- Mandar a home a la prensa. 11.- Poner en automático la prensa.	100 gramos	ANTES: Anual AHORA: semestral

Nota: Se describe tanto los pasos a seguir como el tiempo y la cantidad de lubricante necesario para aplicar.

Asimismo, se elaboró un plan de lubricación para la cadena del motor del conveyo, la cual reviste gran importancia, ya que es responsable de impulsar toda la línea de producción, permitiendo el avance continuo de las piezas hacia su siguiente estación de trabajo. En la Figura 10 se muestra un ejemplo representativo de dicha cadena.

Figura 10

Cadena de Motor Conveyo



Nota: Ejemplo ilustrativo de Cadena del Motor del Conveyo.

A continuación, se procedió a la explicación y descripción detallada de los pasos necesarios para la ejecución de un mantenimiento preventivo adecuado en los equipos o sistemas objeto de estudio.

En este apartado, se especificaron con precisión las acciones a realizar en cada etapa del proceso, así como los materiales requeridos, incluyendo el tipo de grasa o lubricante más apropiado para cada componente, en función de sus características técnicas y condiciones de operación.

Cada uno de estos procedimientos fue desarrollado con base en las recomendaciones del fabricante, normativas vigentes y buenas prácticas de mantenimiento industrial, con el objetivo de asegurar un funcionamiento eficiente, prolongar la vida útil de los equipos y minimizar el riesgo de fallos inesperados.

Toda esta información ha sido sistematizada y organizada de manera clara y comprensible en la Tabla 3, la cual presenta un resumen detallado de los procedimientos, productos utilizados, frecuencia de aplicación y observaciones pertinentes para facilitar su implementación en campo por parte del personal técnico encargado del mantenimiento.

Tabla 3

Plan de lubricación a Cadena de Motor Conveyor

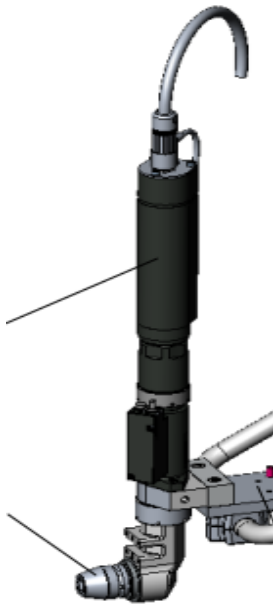
Elemento	Tipo de aceite	Descripción de lubricación	Cantidad	Tiempo de lubricación
Motor Conveyor (Banda Transportadora)	LGTM 2/18 General Purpose SKF Bearing Grease	1.- Desconectar motor. 2.- Retirar la tapa de acrílico con llave Allen. 3.- Corroborar tensión de cadena. 4.- Colocar un textil para sustancias en la parte inferior del motor. 5.- Aplicar lubricante en la cadena a una distancia de 10 cm a 15 cm. 6.- Encender motor durante 5 segundos, detenerlo y aplicar nuevamente el lubricante. 7.- Repetir el paso 6 al menos 7 veces. 8.- Volver a pagar el motor 9.- Con otro textil, limpiar para retirar el exceso de suciedad. 10.- Cerrar y encender motor. 11.- Supervisar 5 horas después el correcto funcionamiento del motor. 12.- Supervisar si no se encuentra ningún exceso de suciedad y si es así limpiar la zona.	200 mililitros	2 meses

Nota: Se describe tanto los pasos a seguir como el tiempo y la cantidad de lubricante necesario para aplicar.

Posteriormente, se procedió con la elaboración del plan de lubricación para el husillo, el cual se encarga de aplicar los torques necesarios durante el ensamblaje, cumpliendo con los valores en Nm requeridos por el cliente. Esto garantiza que ningún componente quede flojo o con riesgo de desprenderse. En la Figura 11 se presenta una ilustración representativa del husillo.

Figura 11

Atornillador de Husillo



Nota: Ejemplo ilustrativo de Husillo

En la Tabla 4 se presenta, de manera detallada y estructurada, el procedimiento paso a paso que debe seguirse para llevar a cabo el proceso de lubricación de manera correcta y eficiente. Este procedimiento ha sido elaborado con el objetivo de asegurar que cada una de las etapas del mantenimiento se realice conforme a los estándares técnicos establecidos, garantizando así una adecuada aplicación del lubricante en los puntos críticos del equipo o sistema en cuestión.

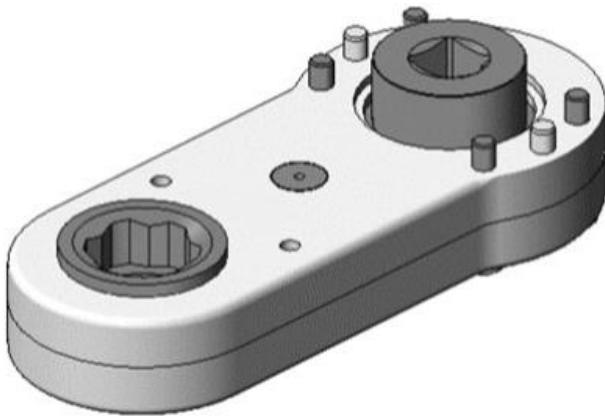
Tabla 4*Plan de Lubricación a Atornillador de Husillo.*

Elemento	Tipo de aceite	Descripción de lubricación	Cantidad	Tiempo de lubricación
Atornillador de Husillo	Molikote	1.- Desmontar el husillo. 2.- Colocar el husillo en el con la llave especial. 3.- Tomar la llave Stilson. 4.-Desmontar la primera parte del husillo con la ayuda de la llave Stilson. 5.-Desmontar la segunda parte del husillo con la ayuda de la llave Stilson 6.- Retirar todos los engranes interiores del husillo. 7.- Tomar un recipiente para depositarle desengrasante. 8.- Limpiar los engranes en el recipiente con desengrasante con ayuda de una brocha. 9.- Secar los engranes con un textil. 10.- Colocarle abundante grasa nueva a los engranes. 11.- Volver a armar el husillo asegurándose que quede muy bien apretado. 12.- Volverlo a montar.	60 gramos	Anual

Nota: Se describe tanto los pasos a seguir como el tiempo y la cantidad de lubricante necesario para aplicar

Finalmente, se elaboró el plan de lubricación para la Unidad Plana (Carrara). Esta unidad actúa como una extensión del husillo y cumple una función importante al permitir la aplicación de torque en espacios reducidos. En la Figura 12 se muestra un ejemplo representativo de dicha unidad.

Figura 12
Unidad Placa (Carraca)



Nota: Ejemplo ilustrativo de Unidad Plana (Carraca)

Por ello, una lubricación deficiente o el uso de un lubricante inadecuado podría provocar una aplicación incorrecta del torque, lo cual afectaría negativamente la calidad del producto. En consecuencia, en la Tabla 5 se presenta el plan de lubricación correspondiente para esta herramienta.

Tabla 5
Plan de Lubricación de Unidad Plana

Elemento	Tipo de aceite	Descripción de lubricación	Cantidad	Tiempo de lubricación
Unidad Plana (Carraca))	LGTM 2/18 General Purpose SKF Bearing Grease	1.- Tomar la aceitera con punta de lubricación. 2.- Colocar la punta de lubricación en el orificio lateral de la carraca 3.- Inyectar la cantidad necesaria de lubricante. 4.- Con un textil limpiar el exceso de lubricante en la carraca.	50 gramos	2 meses

Nota: Se describe tanto los pasos a seguir como el tiempo y la cantidad de lubricante necesario para aplicar

3.1.4 Creación del Inventario del Gabinete Principal de Sustancias

Con el objetivo de establecer un control más riguroso y eficiente sobre todas las sustancias químicas y los accesorios almacenados en el gabinete, se decidió implementar un inventario detallado y sistemático. Esta medida permite llevar un registro preciso y actualizado del número de sustancias disponibles, su tipo, fecha de revisión, estado de conservación, así como la cantidad exacta de cada uno de los accesorios utilizados en las prácticas de laboratorio. De este modo, se puede identificar con claridad cuáles insumos se encuentran actualmente en existencia y cuáles están próximos a agotarse o ya no se encuentran disponibles.

La elaboración de este inventario no solo mejora la organización interna del gabinete, sino que también contribuye de manera significativa a la optimización de los procesos de reposición de materiales. Al contar con información precisa y confiable, es posible planificar con anticipación la adquisición de sustancias y accesorios necesarios, evitando interrupciones en las actividades debido a la falta de insumos críticos. Esto resulta especialmente importante en entornos donde la disponibilidad continua de ciertos reactivos o equipos es fundamental para garantizar el desarrollo adecuado de las actividades académicas, experimentales o de investigación.

Además, este control permite reducir el riesgo de acumulación innecesaria de sustancias vencidas o en desuso, promoviendo una gestión más segura y responsable de los materiales almacenados. La Figura 13 ilustra una situación representativa de la falta de stock que puede evitarse mediante la implementación de este tipo de inventarios, evidenciando así la importancia de adoptar medidas preventivas en la gestión de recursos del laboratorio.

Figura 13*Inventario de Gabinete de Sustancias*

Lista de sustancias existentes en gaveta	Fecha:		
	Mantenimiento SJC		
ITEM	Nombre de sustancia	Cantidad	
1	Lata de aflojatodo Loctite 300 gr.		
2	Lata de Synthe-k 700 400 ml.		
3	Super Lup 400 ml.		
4	Aflojatodo Permatex.		
5	Esmalte acrílico en aerosol Acuario negro 400 ml.		
6	Lata de Urrea CE851, 300 ml.		
7	Aceitera.		
8	Lata de liber-ox aflojatuerkas 320 gr.		
9	Pintura en aerosol gris Vyp 400 ml.		
10	Lata WD-40, 458 ml.		
11	Bolsa de tapas de spray.		
12	Bolsa de accesorios para graser.		
13	Grasera chica 3 oz.		
14	Brocha.		
15	Asi torque 192, 50 ml.		
16	Loctite 262, 50 ml.		
17	Asi torque 22 TL, 50 ml.		
18	Silver PVC 225 gr.		
19	Air tool oil 591 ml.		
20	SKF Bearing grase LGMT 3/1 1kg.		
21	Castrol Paste AULN 598, 1Kg.		
22	Biograse pistola de silicon.		
23	Silicon 250 ml.		
24	Grasera.		
25	Extensión de aceitera.		
26	Embudo.		
27	Galón de thinner 4L.		
28	Galón GPO. Indus, 4P 5L.		
29	Galón de ecocool 7830, 5L.		
30	Galón de thinner americano 20L.		
31	Galón de hydra olicol HLP22, 20L.		
32	Bote de LGHP 2/5 SKF Bearing grase 5 Kg.		
33	Bote de LGHP 2/18 SKF Bearing grase 18 Kg.		
34	Bote de citroelectric 25L.		
35	Galón de HG-350 Desengrasante 25L.		
36	Air tool lubricant Lucas 473 ml.		
37	Molykote BR 2Plus Grease		

Nota: Creación de Inventario de Gabinete Principal de Sustancias.

Cabe mencionar que, hace dos años, este punto fue señalado como una no conformidad durante una auditoría externa bajo la norma IATF. Por lo tanto, esta acción no solo contribuye al fortalecimiento del sistema TPM, sino que también atiende uno de los requerimientos establecidos por la norma IATF,

3.2 Implementación

3.2.1 Aplicación de Simbología

Con estas herramientas, se buscó que no solo el departamento de mantenimiento fuera el único responsable de conocer la ubicación de los puntos de lubricación, sino que dicha información también estuviera al alcance del personal de la línea de producción. De esta manera, los operarios podrían identificar si, en su área de trabajo, existían herramientas que requirieran lubricación.

Al contar con esta información, la línea de producción estaría en condiciones de colaborar con el departamento de mantenimiento, realizando la lubricación de sus propias herramientas. Esto contribuiría a reducir el tiempo destinado a la solicitud de mantenimiento y, en última instancia, favorecería la implementación de un sistema de mantenimiento autónomo dentro de la empresa.

Las etiquetas fueron impresas y colocadas en cada uno de los puntos de lubricación indicados en los esquemas, con el objetivo de facilitar una identificación más precisa. En la figura 14 se muestra un ejemplo de las etiquetas realizadas.

Figura 14

Etiqueta de Identificación



Nota: Creación de Etiquetas de Identificación.

A continuación, se presentan algunos ejemplos del etiquetado correspondiente a cada punto de lubricación. En la Figura 15 se muestra la cadena del motor del conveyor sin simbología, por lo que el colaborador no podrá identificar la estación con la ayuda del diagrama previamente elaborado. Esto podría provocar que desconozca el tipo de lubricante adecuado para su correcto funcionamiento, lo que aumentaría el riesgo de daños futuros en el equipo.

Figura 15

Motor Conveyor RA090 sin simbología



Nota: Si la estación no tiene la simbología necesaria puede provocar el mal funcionamiento del mismo y el desgaste más rápido.

Posteriormente, al observar que dicho motor no contaba con la simbología correspondiente, se procedió a intervenir colocándole una etiqueta que contiene la forma y el color de la simbología definida en el diagrama elaborado previamente.

En esta etiqueta se especifica el tipo de lubricante que debe utilizarse, con el fin de evitar errores durante la realización de esta tarea. En la Figura 16 se muestra la colocación de dicha etiqueta en la estación donde es visible la cadena del motor del conveyor.

Figura 16

Motor Conveyo RA090 con simbología.



Nota: Si la estación cuenta con la simbología necesaria se evitará que se le coloque lubricante erróneo que impedirá paros en línea y mayor vida a motor.

Otro ejemplo de la ausencia de identificación mediante simbología se presentó en la herramienta del atornillador de husillo. Como se observa en la Figura 17, en ninguna parte de la estación se encuentra esta identificación, la cual es necesaria para la correcta implementación del plan de lubricación.

Figura 17

Atornillador de Husillo RA130 sin simbología.



Nota: Si la estación no tiene la simbología necesaria puede provocar el mal funcionamiento del mismo provocando paros en línea y retrabajos en las piezas.

Como parte de las acciones correctivas, se procedió a colocar la simbología correspondiente mediante una etiqueta adherida directamente en la estación de trabajo. Esta etiqueta contiene información clara y específica que permite al colaborador identificar de manera inmediata tanto la herramienta como el tipo de lubricante que debe ser utilizado. El objetivo principal de esta medida es facilitar el cumplimiento adecuado del procedimiento de lubricación, reduciendo el margen de error y estandarizando la actividad dentro del proceso de mantenimiento. En la Figura 18 se muestra la estación ya intervenida, la cual ahora cuenta con la información visual necesaria para que el personal operativo pueda ejecutar esta tarea de forma eficiente y conforme a los lineamientos del TPM.

Figura 18

Husillo RA130 con simbología.



Nota: Si la estación cuenta con la simbología necesaria el husillo realizara sus aprietes de manera correcta y se alargara su vida útil por el buen mantenimiento

Como último ejemplo identificado durante el diagnóstico, se observó que en la prensa A no se cuenta con ningún tipo de simbología ni identificación visible que permita conocer con claridad la estación específica en la que se encuentra ubicada, ni el tipo de lubricación que requiere para su correcto funcionamiento. Esta falta de señalización puede generar confusión entre los operarios, incrementar el riesgo de errores en el mantenimiento y dificultar la aplicación de procedimientos estandarizados. En la Figura 19 se presenta una imagen que ejemplifica esta situación, evidenciando la necesidad de implementar un sistema visual adecuado que garantice la correcta identificación y el cumplimiento de las rutinas de lubricación

Figura 19

Prensa FC030 sin simbología.



Nota: Si la estación no tiene la simbología necesaria puede provocar prensados malos provocando que la pieza se vaya a scrap.

Como consecuencia de esta situación, se procedió a colocar la etiqueta con la simbología correspondiente a la estación, la cual también incluye el tipo de lubricante requerido por la máquina. Esto facilita significativamente al colaborador la realización del trabajo de manera eficaz y correcta.

Para mayor claridad, en la Figura 20 se muestra la etiqueta instalada con la simbología necesaria para la correcta implementación del plan de lubricación en esta herramienta, así como en las demás estaciones donde sea requerida.

Figura 20

Prensa FC030 con simbología



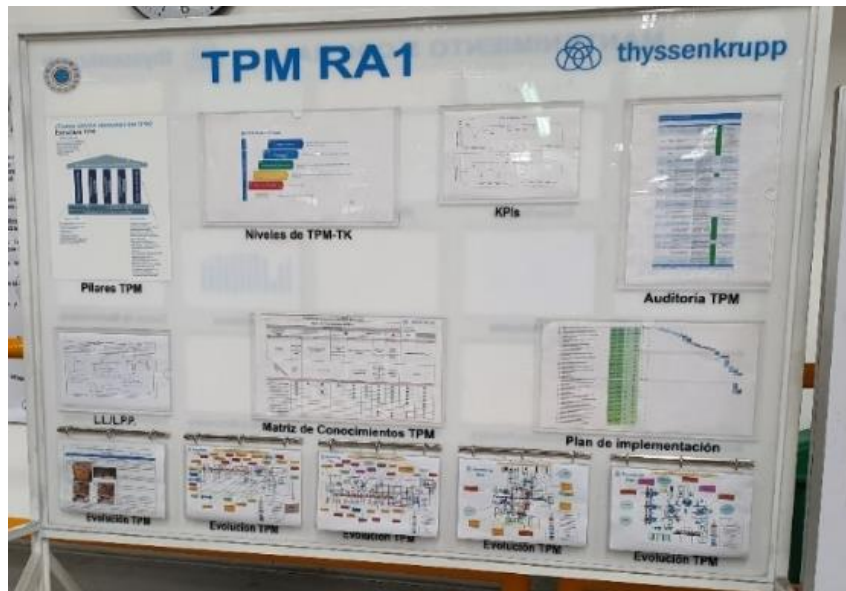
Nota: Si la estación cuenta con la simbología necesaria se evitará que se aplique algún lubricante incorrecto, lo cual, ayudará a realizar prensados correctos y menos paros en línea.

Una vez finalizada la instalación de la simbología en todas las herramientas y estaciones que lo requerían, se procedió a colocar dicha información en los letreros internos sobre TPM, ubicados cerca de la línea de producción.

Uno de estos letreros es el TPM 1, que se muestra en la Figura 21, donde se presentan los diagramas con la simbología correspondiente al plan de lubricación de las herramientas.

Figura 21

Tablero 1 TPM mapas de lubricación de todas las estaciones

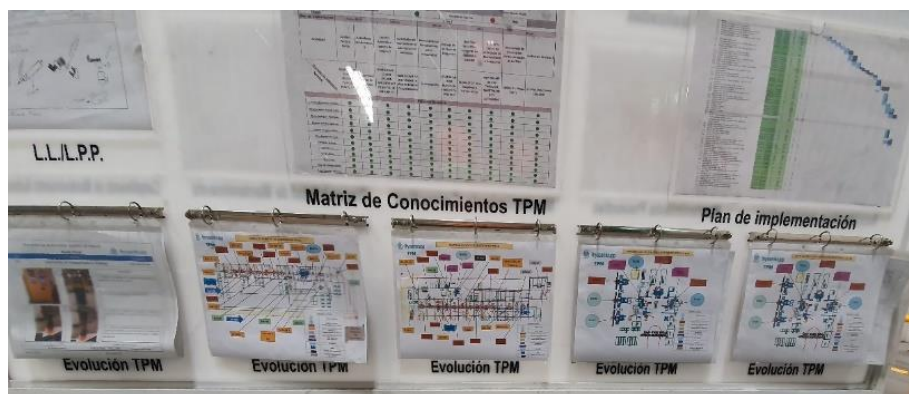


Nota: Se coloca los mapas de punto de lubricación a la vista de todos para que cualquier colaborador de la empresa pueda saber en donde se encuentra estos puntos importantes en la línea

Y en la figura 22 se muestra el Tablero del TPM 2 donde también se muestran los diagramas de la simbología del pan de lubricación para las herramientas

Figura 22

Tablero 2 TPM mapas de lubricación de todas las estaciones



Nota: Se coloca los mapas de punto de lubricación a la vista de todos para que cualquier colaborador de la empresa pueda saber en donde se encuentra estos puntos importantes en la línea.

3.2.2 Aplicación del Plan de Lubricación

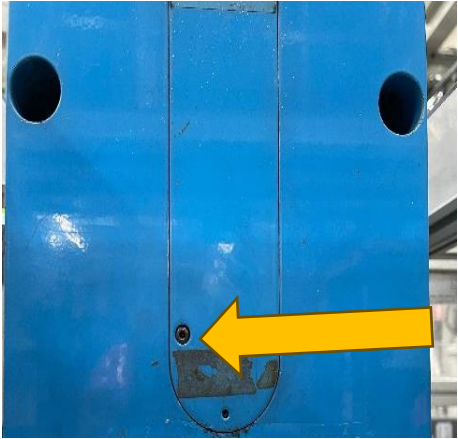
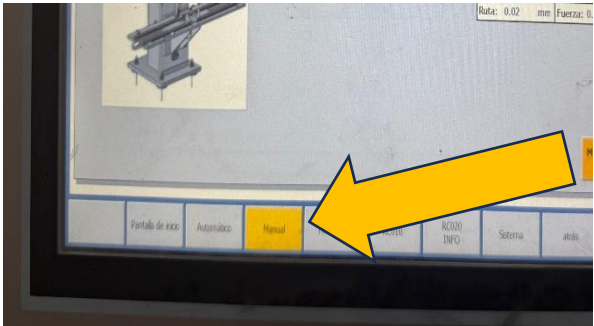
Para implementar el plan de lubricación, se siguieron las indicaciones detalladas en el plan, las cuales fueron aplicadas de manera física en cada estación que contara con maquinaria. Se documentaron los pasos de lubricación en una lección detallada, la cual constituye una herramienta de autoconocimiento.

También se creó un formato con ayuda visual, donde se especifica y se muestra más detalladamente los pasos a seguir para con claro ejemplo de cada actividad o instrucción para que así pueda ser lo más claramente posible el plan de lubricación y evitar los errores lo más que se pueda, ya que esto, puede perjudicar en la calidad del producto provocando la insatisfacción del cliente

El objetivo era que esta información estuviera disponible junto a cada máquina, de manera que cualquier miembro del personal, ya sea de mantenimiento o producción, pudiera consultar fácilmente el procedimiento en caso de que fuera necesario realizar la lubricación. Esto permitió evitar la pérdida de tiempo buscando la forma de hacerlo o consultando el manual, dicho formato se muestra en la figura 23.

Figura 23

Plan de lubricación de prensa A

PLAN DE LUBIRACIÓN PRENSA A		
Tipo de Lubricante: LGTM 2/18 General Purpose SKF Bearing Grease	Tiempo de lubricación: Anual	Cantidad: 100 gramos
INSTRUCCIONES	AYUDA VISUAL	
1.- Retirar tapa con dos tornillos M4.		
2.- Pasar la estación a modo manual.		

3.- Bajar la prensa hasta donde sea visible el punto de aplicación del lubricante.



4.- Colocar pistola de lubricación con punta con la grasa necesaria en punto de aplicación.



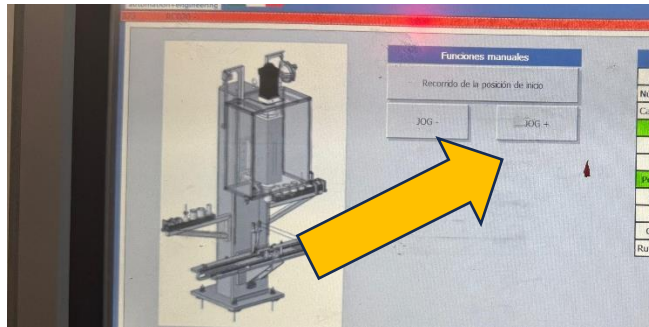
5.- Aplicar la cantidad necesaria de lubricante bombeando la grasea.



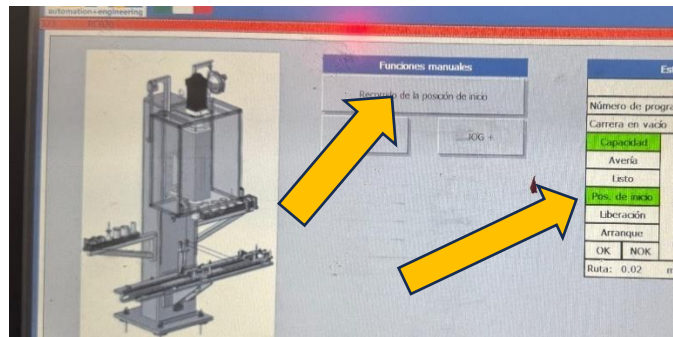
6.-Con un textil retirar el exceso de lubricante.



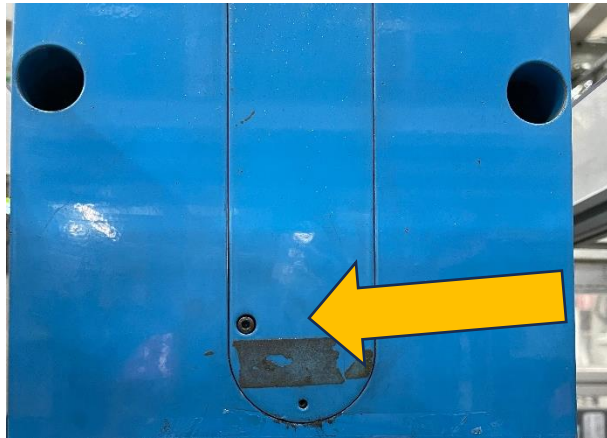
7.- Joggear la prensa.



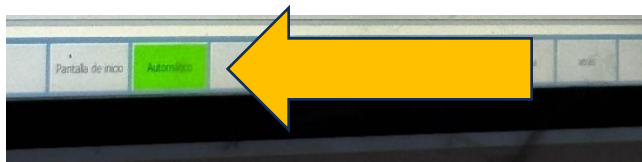
8.- Mandar a posición de inicio a la prensa.



9.- Colocar tapa.



10.- Poner en automático la prensa



Nota: Este formato contiene todas las instrucciones necesarias para aplicar el Plan de Lubricación de la Prensa A

Para complementar el plan de lubricación y con apoyo visual, se elaboró un formato adicional que muestra las herramientas junto con sus accesorios necesarios para realizar la lubricación. Esto permite que el colaborador tenga todo lo requerido a la mano, evitando desplazamientos innecesarios al taller y la pérdida de tiempo buscando herramientas que podrían haberse olvidado o cuyo uso no era conocido hasta el momento de realizar la actividad. En la Figura 24 se presenta dicho formato.

Figura 24

Herramientas necesarias para Prensa A

PLAN DE LUBIRACIÓN PRENSA A	
HERRAMIENTAS A UTILIZAR	
INSTRUCCIONES	AYUDA VISUAL
1.- Llave Allen 4 mm..	

2.- Textil para limpieza



3.- Grasea.



4.- Punta tipo chupon.



5.- Escalera.



6.- LGTM 2/18 General Purpose
SKF
Bearing Grease

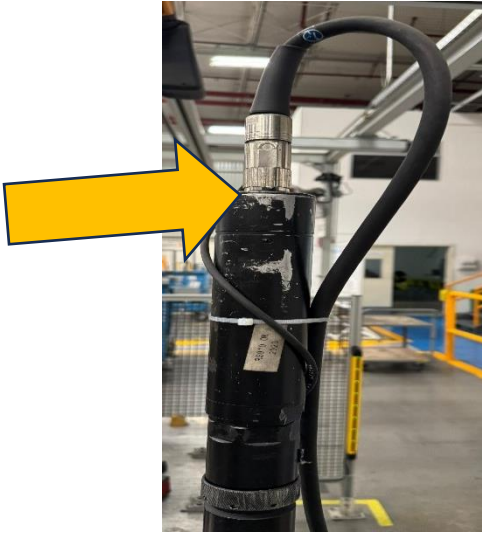
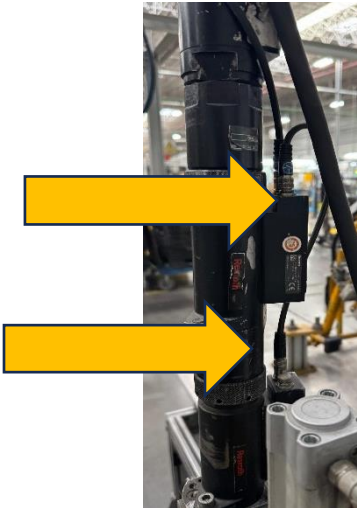


Nota: Se especifica las herramientas necesarias para realizar el 'Plan de Lubricación de la Prensa A

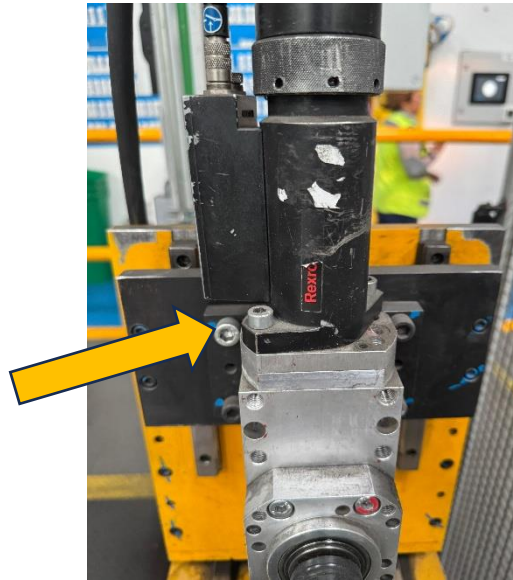
Una vez concluidos los formatos mencionados, se procedió a elaborar los mismos para las demás estaciones que requieren un plan de lubricación. A continuación, se presenta el formato correspondiente al plan de lubricación del husillo, herramienta fundamental para la aplicación de los torques necesarios en la línea de producción. En la Figura 25 se muestra el formato visual del plan de lubricación para esta herramienta.

Figura 25

Plan de lubricación de atornillador de husillo

PLAN DE LUBIRACIÓN ATORNILLADOR DE HUSILLO		
Tipo de Lubricante: Molikote	Tiempo de lubricación: Anual	Cantidad: 60 gramos
INSTRUCCIONES	AYUDA VISUAL	
1.- Desconectar el cable de potencia		
2.- Desconectar los cables de transductor,		

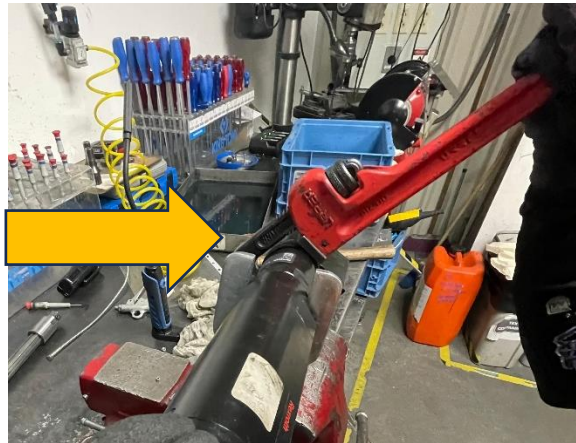
3.- Desmontar el husillo aflojando los tornillos M8



4.- Colocar el husillo en el banco con la llave especial.



5.- Colocar la llave Stilson en el husillo.



6.-Desmontar la primera parte del husillo con la ayuda de la llave Stilson.



7.- Retirar todos los engranes interiores del husillo



8.- Tomar el recipiente para depositarle desengrasante.



9.- Limpiar los engranes en el recipiente con desengrasante con ayuda de una brocha.



10.-Secar los engranes con un textil.



11.- Colocarle abundante grasa nueva a los engranes



12.- Volver a armar el Husillo asegurándose que quede muy bien apretado.



13.- Volver a montar el husillo.



Nota: Este formato contiene todas las instrucciones necesarias para aplicar el Plan de Lubricación del Atornillador de Husillo.

Para complementar el formato del plan de lubricación del husillo, se elaboró un formato adicional que especifica las herramientas necesarias para realizar dicha actividad. Esto tiene como finalidad evitar pérdidas de tiempo al desplazarse a la estación, verificar los requerimientos y luego tener que regresar al taller por herramientas faltantes. De esta manera, se optimiza el proceso, haciéndolo más rápido y eficiente. En la Figura 26 se presenta el formato correspondiente a las herramientas a utilizar en este caso.

Figura 26

Herramienta necesarias para atornillador de husillo

PLAN DE LUBRICACIÓN ATORNILLADOR DE HUSILLO	
HERRAMIENTAS NECESARIAS:	
INSTRUCCIONES	AYUDA VISUAL
1.- Llave Allen 8 mm..	
2.- Textil para limpieza	

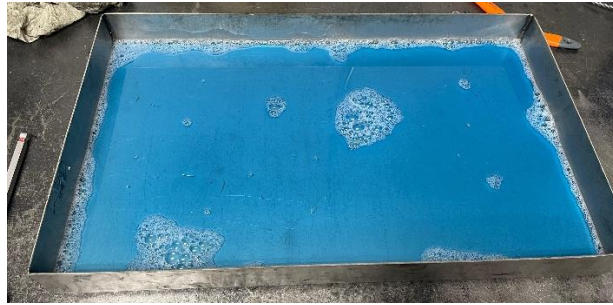
3.- Stilson



4.- Llave especial para Husillo



5.- Recipiente para el desengrasante



6.- Brocha



7.- Desengrasante



8.- Llave mixta 46mm



9.- Molikote

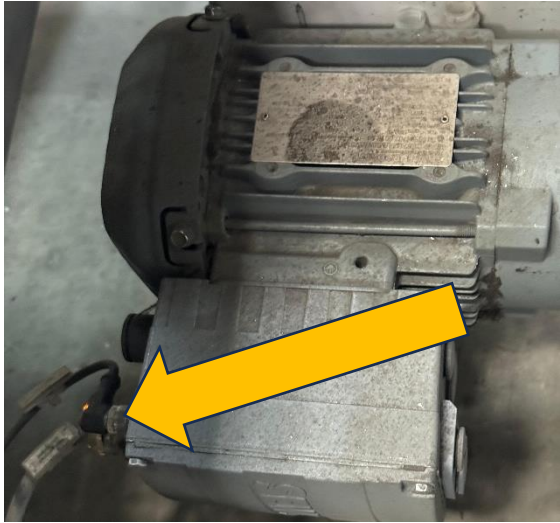


Nota: Se especifica las herramientas necesarias para realizar el 'Plan de Lubricación del Atornillador de Husillo.

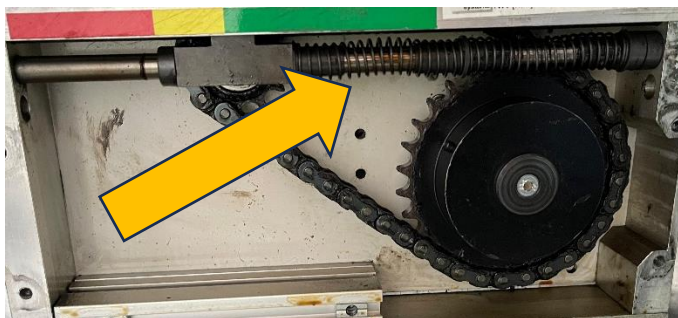
Como otro ejemplo, en la Figura 27 se presenta el formato del plan de lubricación para la cadena del motor del conveyor. Esta máquina es responsable de hacer girar los rodillos de la banda transportadora a lo largo de toda la línea, transportando los ejes hacia sus siguientes estaciones. Por lo tanto, se considera una parte crítica del proceso, ya que, sin su funcionamiento, los pallets no podrían avanzar.

Figura 27

Plan de lubricación cadena de motor de conveyor

PLAN DE LUBIRACIÓN CADENA DE MOTOR DE CONVEYOR		
Tipo de Lubricante: Grasa sintética multiusos	Tiempo de lubricación: Anual	Cantidad: 200 mm
INSTRUCCIONES	AYUDA VISUAL	
1.- Desconectar motor.		
2.- Retirar la tapa de acrílico con llave Allen 8mm.		

3.- Corroborar tensión de cadena.



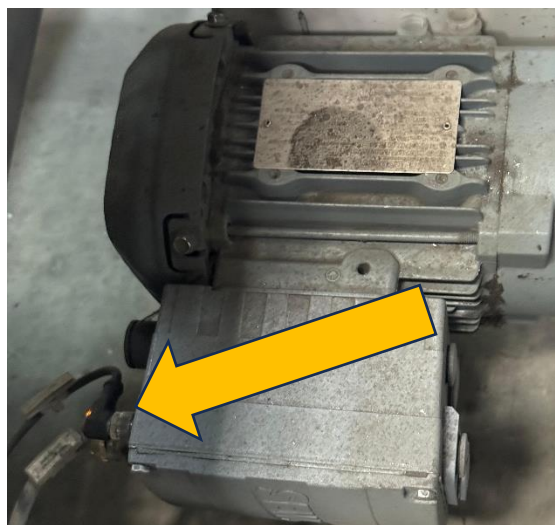
4.- Colocar un textil para sustancias en la parte inferior del motor.



5.- Aplicar lubricante en la cadena a una distancia de 10 cm a 15 cm.



6.-Encender motor durante 5 segundos, detenerlo y aplicar nuevamente el lubricante.



7.-Repetir el paso 6 al menos 7 veces.



8.-Volver a pagar el motor



9.-Con otro textil, limpiar para retirar el exceso de suciedad.



10.-Colocar nuevamente el acrilico.



Este formato contiene todas las instrucciones necesarias para aplicar el Plan de Lubricación de la Cadena del Motor del Conveyor.

Después de lo comentado anteriormente también se creó el formato de las herramientas necesaria para poder realizar este trabajo con su ayuda visual para que sea lo más claro posible y este formato se puede observar en la figura 28.

Figura 28

Herramientas necesarias para la cadena del motor conveyor.

PLAN DE LUBRICACIÓN CADENA DE MOTOR DE CONVEYOR	
HERRAMIENTAS NECESARIAS:	
INSTRUCCIONES	AYUDA VISUAL
1.- Llave Allen 8 mm..	

2.- Textil para limpieza	
3.- Grasa sintética multiusos	

Nota: Se especifica las herramientas necesarias para realizar el 'Plan de Lubricación de la Cadena del Motor del Conveyor.

3.2.3 Capacitación al Personal de Producción.

En esta actividad, se programó una charla dirigida al personal de producción, en la cual se destacó la importancia del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la empresa. Se les explicó cómo esta metodología contribuye al funcionamiento eficiente de la operación, y se les presentó información sobre los diferentes tipos de mantenimiento: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo, así como los pilares fundamentales del TPM.

Posteriormente, se les detalló el trabajo realizado en la empresa, explicando la estrategia utilizada para identificar los diferentes puntos de lubricación en las tres estaciones de producción (Front Strut, Front Corner y RA Eje Trasero). Con la ayuda de un esquema elaborado, se les mostró y explicó cada punto de lubricación, tal como se ilustra en la Figura 29.

Figura 29

Capacitación de puntos de lubricación a personal de producción.



Nota: Se le explica al personal de producción de todas las actividades realizadas y como pueden apoyar al TPM con su participación diaria.

3.3 Pruebas

3.3.1 Prueba de Plan de Lubricación.

Se procedió a realizar una prueba del plan de lubricación durante un paro de línea, con el fin de no afectar la producción. La prueba consistió en seleccionar una estación al azar, siendo elegida la RC020, donde se encuentra ubicada la Prensa A. En dicha estación, el personal de mantenimiento debía seguir el plan de lubricación correspondiente, utilizando las instrucciones contenidas en el mismo para suministrar el lubricante adecuado a la maquinaria, tal como se muestra en la Figura 30.

Figura 30

Prueba de Plan de Lubricación



Nota: Aplicación del Plan de Lubricación en Prensa A.

Al concluir la prueba, se observó que, al contar con un plan estructurado, el personal de mantenimiento pudo realizar el mantenimiento preventivo de manera segura y eficaz, en este caso,

aplicando la lubricación a la prensa A. No se presentaron inconvenientes, ya que el personal tenía claro qué herramienta utilizar, qué tipo de lubricante suministrar y la cantidad exacta que debía aplicarse a la maquinaria o herramienta en cuestión.

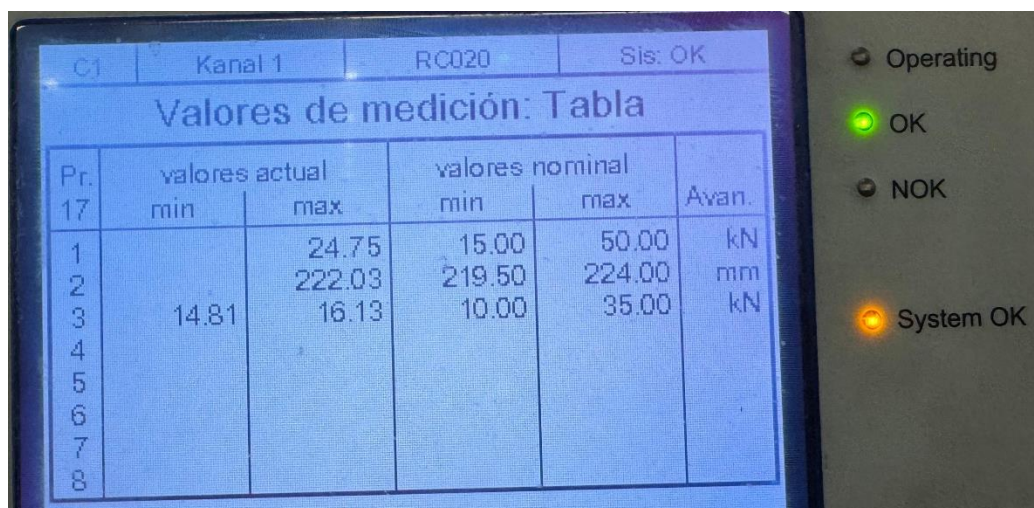
Posteriormente, se realizó un prensado para corroborar que la aplicación del lubricante en la prensa no afectara negativamente el resultado final, dado que esto podría ocasionar retrasos en la línea, generación de scrap por mal prensado y el riesgo de recibir una reclamación por parte del cliente.

Como era de esperarse, no se presentaron problemas durante el prensado, lo que indica que la implementación del plan de lubricación cumplió con los objetivos establecidos. En la figura 31 se muestra el resultado del prensado realizado en la prueba el cual fue correcto.

Asimismo, el personal de mantenimiento elaboró lecciones detalladas punto por punto como evidencia de la correcta aplicación del plan.

Figura 31

Resultado de prueba de prensado.



Nota: Resultado del prensado en pruebas de la aplicación del plan de lubricación.

3.4 Auditoría Interna

3.4.1 Auditoría del Plan de Lubricación

Una vez realizadas todas las acciones previamente mencionadas, se procedió a llevar a cabo una auditoría interna en compañía del Ingeniero de Procesos, el Supervisor del área de Mantenimiento y el Supervisor del área de Calidad.

Durante la auditoría, se revisaron los puntos establecidos para verificar si realmente se había completado el punto pendiente, que consistía en la creación del Plan de Lubricación. En este proceso, se inspeccionaron las simbologías colocadas en cada maquinaria o herramienta que requería lubricación.

Durante la auditoría, se verificó que la simbología correspondiente estaba debidamente colocada en cada estación que contaba con una máquina o herramienta que requería lubricación, junto con el lubricante específico utilizado en cada estación, para evitar inconvenientes al momento de suministrar el lubricante.

Además, se confirmaron la colocación de los diagramas previamente elaborados de las tres líneas de producción, con sus respectivas simbologías, lo que facilitó la identificación de cada estación y su correspondiente mantenimiento preventivo. Estos diagramas fueron ubicados en los tableros del TPM situados alrededor de las tres líneas de producción.

Finalmente, se revisaron las lecciones punto a punto elaboradas por los colaboradores del departamento de mantenimiento, en las cuales se detalla, paso a paso y con sus propias palabras, las acciones realizadas para llevar a cabo la lubricación de la herramienta en la estación correspondiente.

Estas lecciones incluyen ayudas visuales con el objetivo de ser lo más explícitas posible y se colocaron en cada estación donde correspondan dichas instrucciones. En la Figura 32 se presenta un ejemplo de estas lecciones punto a punto.

Figura 32

Lección punto a punto para atornillador de husillo

Lección Punto a Punto

Vo.Ba. Deplo. de apoyo Vo.Ba. Tec. Seg. y Facilitador

N° de LPP:	Elaboró: Enrique Chavez Arredola
Deplo: Mantenimiento	Fecha: 18/01/2022
EAD:	Etapas TPM: 3
Línea y estación: Línea RA	

Tipo de LPP y Aprobación: ☒ Conocimiento ☐ Seguridad

Título de LPP: Plan de lubricación de Atornillador de Husillo

1. Desmontar el husillo de la línea y colocarlo en el tornillo de mesa con su llave especial.
2. Con ayuda de una llave Stilson retirar las dos uniones que contiene el husillo.
3. Llenar un recipiente con desengrasante.
4. Con ayuda de una brocha, limpiar muy bien los engranes internos que contiene el husillo en el recipiente con el desengrasante.
5. Cuando el desengrasante se vuelva oscuro, se debe desechar en un bote y rellenar el recipiente con más desengrasante.
6. Engrasar muy bien los engranes con la grasa LGHP 2/5
7. Volver a unir los elementos del husillo y apretar muy bien las dos piezas del husillo para evitar que se aflojen con el uso.
8. Montar el husillo en la línea de producción.










Nota: Se muestra las instrucciones plasmadas del colaborador al realizar el plan de lubricación al Atornillador de Husillo.

Capítulo IV: Resultados y Conclusiones

4.1 Resultados

4.1.1 Diseño de especificaciones o requerimientos.

En este objetivo se concluyó con la elaboración del plan de lubricación, mediante la creación de un manual más específico y detallado. Este manual abarca las instrucciones necesarias para llevar a cabo adecuadamente la lubricación de cada una de las herramientas disponibles, basándose en el conocimiento adquirido a partir de los manuales técnicos correspondientes a cada equipo.

4.1.2 Implementación del plan de lubricación.

De acuerdo con este objetivo específico, una vez creado el plan de lubricación, se procedió a su implementación física en las líneas de producción. Durante esta fase, el colaborador encargado siguió las instrucciones establecidas para llevar a cabo el procedimiento de lubricación. Asimismo, se documentó el proceso mediante la obtención de imágenes que muestran las diferentes etapas de la lubricación de las herramientas. Estas imágenes fueron incorporadas al manual del plan de lubricación como apoyo visual, con el fin de facilitar la comprensión y correcta ejecución de las tareas descritas

De acuerdo con este objetivo específico, se puede considerar concluido, ya que se llevó a cabo el plan de acción, que consistió en la creación del plan de lubricación para todas las máquinas o herramientas que requieren de dicho plan.

De igual manera, se realizaron pruebas para verificar si el plan estaba correctamente desarrollado y aplicado en las distintas estaciones de las líneas de producción, mediante la ejecución real del mantenimiento en una de las estaciones.

4.1.3 Pruebas de Funcionamiento

Para poder concluir este objetivo específico, fue necesario ejecutar físicamente el plan de lubricación en una de las herramientas, con el propósito de verificar que el procedimiento no afectara negativamente el funcionamiento normal del equipo. Esta evaluación se realizó en conjunto con los jefes responsables de cada departamento, quienes supervisaron y validaron el estado de la pieza producida en la estación, asegurándose de que no presentara anomalías ni inconformidades para su liberación. La prueba se llevó a cabo en la estación RC020, específicamente en la prensa A, y los resultados fueron exitosos, ya que la pieza fue liberada sin presentar ningún inconveniente.

4.1.4 Auditoría Interna

Con respecto a este objetivo específico, el personal encargado de brindar soporte durante la auditoría interna revisó detalladamente cada aspecto del plan de lubricación, con el propósito de verificar el cumplimiento del punto pendiente. Para ello, se elaboraron documentos que evidencian tanto la creación como la aplicación del plan, demostrando que este contribuye positivamente al funcionamiento de la empresa, sin afectar la producción ni generar piezas defectuosas. Tras realizar un recorrido por todas las líneas de producción, se otorgó el visto bueno, confirmando que el punto en cuestión había sido completamente atendido. Esto permitió avanzar con la implementación del Step 2 del programa TPM (Mantenimiento Productivo Total) en la empresa.

4.2 Conclusiones

En conclusión, al finalizar este proyecto, pude comprender la importancia de la implementación de la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM), ya que, a través de su aplicación, se puede aumentar significativamente la productividad, la eficiencia y la seguridad en la empresa. Esto se logra mediante el empoderamiento de los operadores y líderes de equipo, quienes asumen un papel proactivo en tareas diarias como la lubricación, inspección y limpieza.

Con la implementación del TPM, no solo se dependerá del personal de mantenimiento, sino que el área de producción también podrá colaborar en actividades simples pero fundamentales, tales como la identificación de fallas, limpieza de áreas, lubricación de herramientas y cambio de dados. Estas acciones contribuirán a reducir los tiempos de inactividad y a optimizar el estado de los equipos mediante el mantenimiento autónomo, realizado tanto por el personal de producción como por el personal de mantenimiento.

Durante mi tiempo en la empresa Thyssenkrupp, además de haber adquirido conocimientos sobre el TPM a través de mi proyecto, tuve la oportunidad de aprender sobre diversos aspectos internos de la organización. Esta fue mi primera experiencia laboral en una empresa, por lo que fue un proceso de aprendizaje constante. Adquirí conocimientos sobre los diferentes tipos de mantenimiento (preventivo, correctivo y predictivo), entendí el proceso de producción de la empresa y conocí las distintas áreas que la conforman, además de familiarizarme con las estaciones y líneas de producción, tales como Fron Corner, Fron Strut y RA.

Capítulo V: Competencias desarrolladas y/o aplicadas

La realización de este proyecto no solo implicó la aplicación de conocimientos técnicos y metodológicos, sino que también representó una oportunidad significativa para fortalecer mis competencias profesionales dentro del campo del mantenimiento industrial y la mejora continua. A lo largo del desarrollo del trabajo, se adquirieron y consolidaron diversas habilidades y conocimientos clave, alineados con los objetivos del proyecto y las demandas del entorno productivo.

Las principales competencias adquiridas fueron:

- **Conocimiento en la metodología del TPM,**
- **Conocimiento en la metodología 5S.**
- **Conocimiento en la metodología Kaizen.**

Estas competencias fueron desarrolladas de forma práctica durante la elaboración del plan de lubricación y la aplicación de herramientas de mejora continua, integrando teoría y práctica en un entorno real de trabajo.

5.1.1 Conocimiento en la Metodología del Mantenimiento Productivo Total

El cual me permitió obtener nuevas competencias como habilidad para identificar y solucionar problemas en máquinas y procesos, usos de herramientas como la lubricación programada y la optimización de equipos que a su vez mejora la calidad del proceso.

5.1.2 Conocimiento en la Metodología 5S

A través de esta metodología, desarrollé la capacidad para identificar y eliminar elementos innecesarios, organizar de manera eficiente herramientas y materiales, y establecer hábitos de trabajo estructurados y consistentes. Estos aprendizajes han sido fundamentales para mejorar la organización y la eficiencia en el entorno laboral.

5.1.3 Conocimiento en la Metodología Kaizen

La metodología Kaizen complementa la filosofía de las 5S, pero se enfoca en la mejora continua y la optimización de procesos. Aprendí a identificar y eliminar desperdicios, así como a fomentar una cultura de mejora constante dentro de la organización. Este enfoque me permitió comprender cómo transmitir este hábito a todo el personal, promoviendo la optimización de las actividades diarias en todos los niveles de la empresa.

Referencias.

- Acuña Peña, B. (2019). Propuesta de mejora para la gestión de mantenimiento mediante la aplicación de herramientas del mantenimiento productivo total (TPM) en el área de tejeduría en una empresa textil.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22961/1/UPS-GT003900.pdf>
- Amin, S., Liu, Y., & Lee, C. K. M. (2022). The role of Industry 4.0 technologies in enhancing the TPM framework for predictive maintenance. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 144(5), 051006.
- Anjaneyulu, M. S. S. R., & Reddy, S. R. K. (1995). *Implementation of Total Productive Maintenance in Indian Industries*. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(1), 45-52.
- Cegarra, J. (2008). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Ediciones Díaz de Santos.
- Gupta, R. K., & Jain, A. (2006). *Integration of TPM with Six Sigma and Lean Manufacturing*. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 29(5-6), 487-495.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education.
- Kobayashi, T. (2009). *Total Productive Maintenance: A Proven System for Improving Production*. McGraw-Hill Education.
- Lee, J. W., & Kim, B. H. (1997). *Application of Total Productive Maintenance in European Industries*. *International Journal of Production Research*, 35(3), 741-752.

- Lee, J. W., & Kim, B. H. (2014). *Application of Total Productive Maintenance in Smart Manufacturing Environments*. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 136(4), 041008.
- Liu, Y., Li, Z., & Zhang, Y. (2021). Integrating predictive maintenance technologies with TPM. Journal of Manufacturing Processes, 64, 291-300.
- López Arias, E. A. (2009). El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación.
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7276>
- Lozada Cepeda, J. A. (2017). Elaboración de un plan de mantenimiento basado en el mantenimiento productivo total (TPM) para la maquinaria de recuperación de turbinas del cirt en la empresa CELEC EP–Hidroagoyán.
<file:///C:/Users/Jos%C3%A9%20Pedro/Downloads/Tesis%20I.M.%20390%20-%20Lozada%20Cepeda%20Jos%C3%A9%20Antonio.pdf>
- Moreira Pino, O. A. (2022). *Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil* (Master's thesis).
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22961/1/UPS-GT003900.pdf>
- Nakajima, S. (1988). Introduction to Total Productive Maintenance. Cambridge: Productivity Press.
- Nakajima, S. (2017). Total Productive Maintenance: An Introduction. Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press.

Osada, T. (1991). The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment. Asian Productivity Organization.

Sacristán, F. R. (2002). *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. Fc Editorial.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=t05vRBKtkQcC&oi=fnd&pg=PA3&dq=tpm+mantenimiento&ots=k09GxCeypS&sig=-fhTTR-6SnfDDEXigz9MUmO3yS4#v=onepage&q&f=false

Santos, F. A., & Oliveira, M. R. (2020). Integration of TPM, Lean, and Six Sigma for process improvement in manufacturing environments. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 107(3), 987-998

Schilling, M. A. (2017). *Strategic Management of Technological Innovation*. McGraw-Hill Education.

Sharma, R., Gupta, P., & Wadhwa, S. (2017). *TPM for Enhancing Manufacturing Performance: A Case Study in Automotive Sector*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(5), 692–710.

Smith, R., & Hawkins, M. (2004). *Lean Maintenance: A Practical Guide to Improving Enterprise Performance*. Elsevier.

Suzuki, T. (2017). *TPM in process industries*. Routledge.
https://books.google.com.mx/books?id=yFP5DCKG4MEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

