
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LAS
MÁQUINAS INDUSTRIALES DE PLANTA 3 EN ECO INDUSTRIAS SR.
S.A. DE C.V.**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

PRESENTA:

KEVIN PILOTZI PEREZ

NOMBRE DEL ASESOR:

JORGE AGUILAR VÁZQUEZ

APIZACO, TLAX., MAYO 2026



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Metal Mecánica

Tzompantepec, Tlaxcala, **06/febrero/2025**

Oficio No. MM-144/2026

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	KEVIN PILOTZI PÉREZ
Carrera:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
No. De Control:	21370036
Nombre del Proyecto:	"MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LAS MÁQUINAS INDUSTRIALES DE PLANTA 3 EN ECO INDUSTRIAS SR. SA. DE C.V."
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®

MTRO. ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.

2026
año de
Margarita



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, **13/abril/2026**

KEVIN PILOTZI PEREZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 21370036.
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: **"MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LAS MÁQUINAS INDUSTRIALES DE PLANTA 3 EN ECO INDUSTRIAS SR. SA. DE C.V."**, 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/gvm*



2026
año de
**Margarita
Maza**



AGRADECIMIENTOS:

A Dios, por permitirme llegar a esta etapa tan importante de mi vida, por darme fuerza en los momentos difíciles y por abrirme caminos que hoy me permiten cerrar este ciclo con orgullo y gratitud.

Al Instituto Tecnológico de Apizaco, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, por ser el espacio donde adquirí conocimientos, valores y experiencias que marcarán mi trayectoria laboral y personal.

A mi abuelita, por su fe incondicional en mí desde el inicio de este proceso hasta este momento. A mis padres, por ser pilares fundamentales en mi vida, por su apoyo emocional, económico y por enseñarme con su ejemplo el valor de la perseverancia, la ética y la integridad. A mis hermanos, por estar presentes cuando más los necesité, brindándome ayuda, compañía y respaldo en cada etapa de la carrera.

A mi compañero de trabajo, Gilberto, encargado del taller 1, por su colaboración, disposición y por compartir sus conocimientos técnicos durante el desarrollo del proyecto.

A mi asesor interno Jorge Aguilar Vázquez y a mi asesor externo Abigahil Flores Vázquez, por su orientación, paciencia y sabiduría, que fueron clave para llevar este proyecto a buen término.

A todos los operadores y mecánicos de mi empresa, por su participación activa, por compartir su experiencia y por ayudarme a validar cada parte del trabajo en campo.

A todos mis maestros del Instituto Tecnológico de Apizaco, por compartir su saber y por haber contribuido a mi formación académica.

Este logro no es solo mío, sino de todos los que creyeron en mí, me guiaron y me acompañaron en este camino. A todos ustedes, gracias.

ÍNDICE

CAPITULO 1: GENERALIDADES DEL PROYECTO

4. Resumen.....	7
5. Introducción	8
6. Descripción de la empresa y área de trabajo del residente	9
Misión.....	10
Visión.....	10
Objetivo Principal	10
Valores.....	10
Productos	10
Organigrama	11
7. Problemas a resolver, priorizándolos.....	12
8. Objetivos General y Específicos	13
General.....	13
Específicos.....	13
9. Justificación.....	14
CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO	15
10. Fundamentos teóricos	15
Mantenimiento	15
Mantenimiento Industrial	16
Metodología Del Mantenimiento Preventivo.....	19
Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo	26
Qué es el análisis del modo y efecto de fallas (AMEF)	31
Diagrama de Pareto	34
TPM (Mantenimiento Productivo Total)	37
CAPITULO 3: DESARROLLO	42
11. Descripción de las actividades realizadas	42
Diagnóstico de fallas mediante AMEF en el área de hilatura	43

Conera Savio Espero	45
Volufil Multicone Savio.....	46
Metodología de mantenimiento preventivo implementada en la planta.....	50
Guía técnica de mantenimiento por máquina.....	58
Folletos Informativos de Mantenimiento	61
Capítulo 4: Resultados	64
12. Resultados.....	64
Acciones de Mejora AMEF.....	64
Calidad Del Hilo.....	70
Volumen de producción	71
Tabla Objetivos – Resultados	73
CAPITULO 6: CONCLUSIONES.	74
13. Conclusiones del proyecto.	74
CAPITULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	75
14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.	75
Capitulo 8: Fuentes de Información	76
15. Fuentes de información.....	76

4. Resumen

El presente proyecto realizar en Eco Industrias SR S.A. de C.V., específicamente en Planta 3, área de hilatura, donde operar las máquinas Conera Espero, Volufil Multicone y Estirador Cognetex.

Identificar diversas problemáticas que afectar la calidad del hilo producido, entre ellas conos mal formados, contaminación del hilo y falta de mantenimiento preventivo en los equipos, lo que generar paros no programados y disminución en la productividad.

Tener como objetivo principal mejorar la calidad del hilo y reducir las fallas operativas, permitir que los operadores alcanzar una mayor eficiencia en la producción.

Aplicar metodología integral de planificación de mantenimiento, incluir diversas herramientas de análisis y diagnóstico, orientar a estructurar un plan sólido y confiable.

Elaborar un plan de mantenimiento, junto con folletos y guías técnicas, permitir capacitar a los operadores en tareas básicas de mantenimiento preventivo, como realizar limpieza periódica de las máquinas, efectuar revisión antes del arranque y llevar a cabo detección temprana de anomalías.

Implementar metodología y materiales, generar impacto positivo en la planta, lograr mejoras significativas en la calidad del hilo, optimizar eficiencia de las máquinas y reducir paros no programados, fortalecer así la cultura de mantenimiento y la productividad general del área.

5. Introducción

El proyecto se desarrolla en Eco Industrias SR S.A. de C.V., Planta 3, específicamente en el área de hilatura, donde operan equipos clave como la Conera Espero, la Volufil Multicone y el Estirador Cognetex. A partir de un diagnóstico inicial, se identificaron problemáticas que comprometían la calidad del hilo producido, tales como conos mal formados, contaminación del hilo y deficiencias en el mantenimiento preventivo, generando paros no programados y afectando directamente la productividad.

El objetivo es mejorar la calidad del hilo, reducir las fallas operativas y aumentar la eficiencia de los equipos. Se espera como resultado la disminución de paros no programados, la estandarización de buenas prácticas de mantenimiento y el fortalecimiento de la cultura de prevención dentro del área de hilatura.

Para alcanzar estos objetivos se aplicó una metodología integral de planificación de mantenimiento, que incluyó herramientas de análisis como el AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallos), el Diagrama de Pareto y técnicas de gestión de inventarios y frecuencias de mantenimiento. Estas herramientas permitieron priorizar causas críticas, estructurar procedimientos claros y elaborar un plan de mantenimiento acompañado de folletos, guías técnicas y materiales de capacitación para operadores y mecánicos.

Los principales involucrados en el proyecto son los operadores de hilatura, responsables de ejecutar tareas básicas de mantenimiento preventivo; los mecánicos, quienes reciben apoyo mediante manuales específicos para facilitar su integración; y la empresa Eco Industrias SR S.A. de C.V., que se beneficia directamente de la mejora en la calidad del hilo y la eficiencia de la planta.

6. Descripción de la empresa y área de trabajo del residente

Eco Industrias SR. S.A. de C.V. es una empresa manufacturera textil que integra el proceso de transformación de material sustentable para convertirlo en materia prima destinada a los productos textiles de su catálogo. Al aprovechar insumos reutilizables, promueve una cultura ecológica y contribuye a la disminución de la erosión del ecosistema. La compañía se encuentra ubicada en la tierra del sarape, entre las comunidades de Contla de Juan Cuamatzi y Santa Ana, en el estado de Tlaxcala.



*Ilustración 1 Área delimitada de Planta 2 (Google Maps, captura de pantalla, 2025).
Imagen tomada de la plataforma Google Maps. Uso con fines ilustrativos.*



*Ilustración 2 Área de residencias en Planta 3 (Google Maps, captura de pantalla, 2025).
Imagen tomada de la plataforma Google Maps. Uso con fines ilustrativos.*

Misión

La empresa se encuentra socialmente comprometida en concientizar y generar impacto en la sociedad respecto a la conservación del medio ambiente, a través de su proceso ecológico textil.

Visión

Ser la empresa numero uno a nivel nacional en la elaboración de productos textiles de calidad a base de material sustentable, para contribuir al cuidado del medio ambiente.

Objetivo Principal

Desarrollar y comercializar productos textiles de alta calidad elaborados con materiales sustentables, promoviendo prácticas ecológicas que contribuyan a la conservación del medio ambiente y al liderazgo nacional en la industria textil.

Valores

- Responsabilidad
- Respeto
- Trabajo en equipo
- Amor al planeta

Productos

Fabricante en 2 sectores:

- Estambre de Fantasía
- Productos Textiles: Capas y Ropa de Cama.

La empresa está especializada en tejido plano y jacquard, procesos mediante los cuales manufactura su gama de productos textiles de alta calidad y estilo, tales como:

- Cojines
- Frazadas de moda

- Cobertores
- Edredones (Individual, Matrimonial y King Size)
- Línea de Bebe: Cuneros, protectores de cuna y cojines.
- Capas de moda para Dama y Caballero (unisex).
- Capas tipo tweed para Dama.
- Línea Económicos: Mantas y Cobertores
- Línea Económicos: Gabanes

Organigrama

ECO INDUSTRIAS SAN
RAFEAL S.A DE C.V.

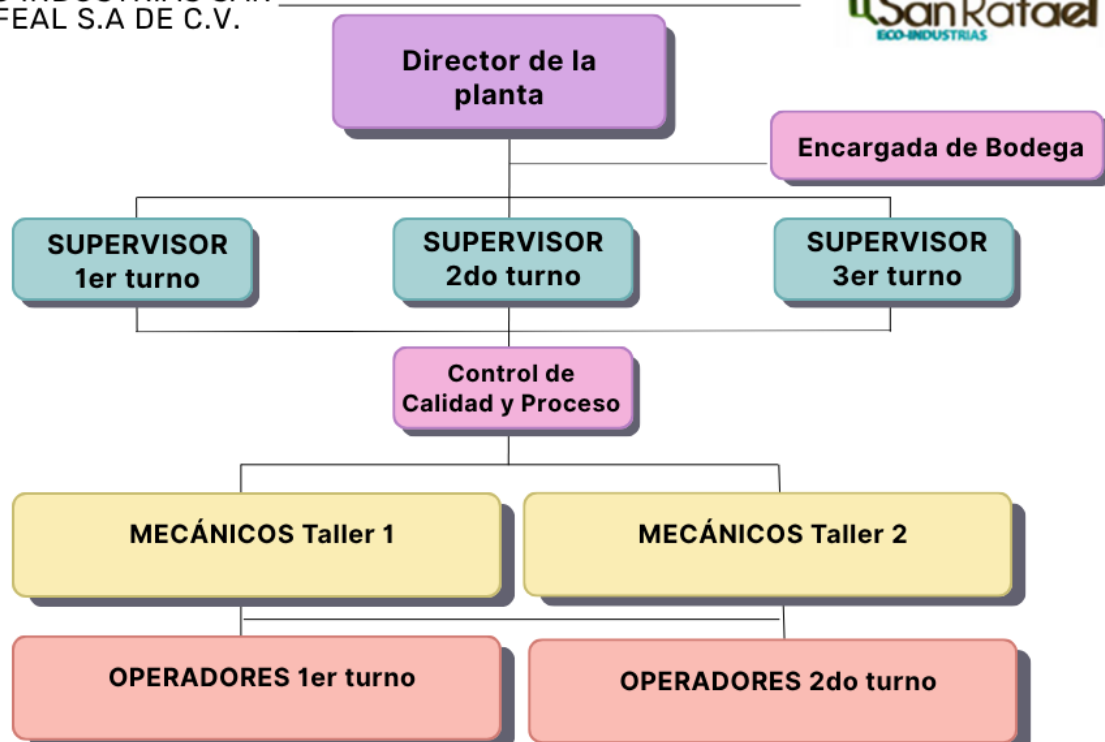


Ilustración 3 Departamento de Calidad de Eco Industrias SR. (2025). Organigrama general de Eco Industrias SR

7. Problemas a resolver, priorizándolos

San Rafael Eco Industrias, comprometida con la producción sustentable de hilo ecológico, opera bajo estándares de calidad elevados y metodologías como las 5S para garantizar orden y eficiencia. Sin embargo, en el área de hilatura de Planta 3, se han detectado diversas deficiencias que afectan directamente la calidad del producto final y la continuidad operativa de los equipos.

Uno de los principales problemas identificados es la ausencia de un programa estructurado de mantenimiento preventivo. Esta carencia ha provocado que las acciones de mantenimiento se realicen de forma reactiva, lo que genera paros no programados, desgaste acelerado de componentes y una disminución en la confiabilidad de las máquinas, especialmente en equipos como la Volufil Multicone, la Conera Savio modelo Espero y el Estirador Cognetex.

Aunado a ello, se ha observado una acumulación constante de borra, polvo y grasa en las superficies de las máquinas, lo que no solo compromete la limpieza del hilo, sino que también incrementa el riesgo de fallas mecánicas y eléctricas. Esta situación se agrava durante los cambios de color, donde la contaminación cruzada se vuelve más evidente, afectando la presentación y aceptación del producto por parte del cliente.

Otro aspecto crítico es el desgaste de componentes mecánicos y neumáticos, como bandas, engranes y sensores, que no son inspeccionados con la frecuencia necesaria. Esto ha derivado en fallas recurrentes que impactan los tiempos de producción y elevan los costos operativos. Aunque se han realizado intervenciones correctivas, la falta de seguimiento técnico y documentación estandarizada limita la efectividad de dichas acciones.

Además, se ha detectado que algunos operadores carecen de formación técnica para realizar tareas básicas de mantenimiento, lo que dificulta la detección temprana de anomalías y la aplicación de buenas prácticas. Esta situación se ve reflejada en errores de configuración durante el arranque, desalineación de guías y ajustes incorrectos en parámetros críticos como velocidad y tensión.

8. Objetivos General y Específicos

General

Mejorar la calidad del hilo ecológico y la eficiencia operativa en el área de hilatura de Planta 3 mediante la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo, respaldado por herramientas de análisis técnico, documentación estandarizada y capacitación del personal.

Específicos

- Diagnosticar las principales causas de falla en las máquinas de hilatura, mediante el uso de herramientas de análisis como el Diagrama de Pareto y el Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF).
- Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo, enfocado en la limpieza periódica, la revisión de componentes críticos y la programación de intervenciones técnicas.
- Establecer un programa de mantenimiento preventivo que reduzca la necesidad de acciones correctivas en los componentes de las máquinas, asegurando continuidad operativa y mayor eficiencia.
- Capacitar al personal operativo en tareas básicas de mantenimiento, detección temprana de anomalías y buenas prácticas de arranque y limpieza.
- Evaluar el impacto de las acciones implementadas, midiendo la reducción del Número de Prioridad de Riesgo (NPR), la disminución de paros no programados y la mejora en la calidad del hilo producido.

9. Justificación

San Rafael Eco Industrias, comprometida con la producción sustentable de hilo ecológico, opera bajo estándares de calidad elevados y metodologías como las 5S para mantener el orden y la eficiencia en sus procesos. Sin embargo, en el área de hilatura de Planta 3, se han identificado deficiencias técnicas que afectan directamente la calidad del producto, la continuidad operativa y la productividad general.

Equipos fundamentales como la Volufil Multicone, la Conera Savio modelo Espero y los Estiradores Cognetex presentan fallas recurrentes derivadas de la falta de mantenimiento preventivo, acumulación de residuos, desgaste de componentes y errores de configuración. Estas condiciones generan paros no programados, contaminación del hilo, pérdida de eficiencia y aumento en los costos operativos.

Ante este panorama, se considera necesario implementar un sistema integral de mantenimiento preventivo y correctivo que permita conservar los equipos en condiciones óptimas, anticiparse a fallas críticas y estandarizar las buenas prácticas operativas. Además, el desarrollo de documentación técnica accesible y la capacitación del personal son elementos clave para fortalecer la cultura de mejora continua y garantizar la sostenibilidad del proceso productivo.

Este proyecto responde a la necesidad de optimizar los recursos técnicos y humanos del área de hilatura, mejorar la calidad del hilo ecológico en sus distintas presentaciones y consolidar un entorno de trabajo más eficiente, seguro y confiable.

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

10. Fundamentos teóricos

Mantenimiento

El mantenimiento es el proceso necesario para que un elemento o unidad de producción continúe funcionando con un rendimiento óptimo.

En otras palabras, el mantenimiento implica llevar a cabo actividades como reparaciones y actualizaciones para que el paso del tiempo no afecte el rendimiento de un bien de capital que es propiedad de la empresa.

Este proceso es esencial en todas las actividades económicas y requiere que las organizaciones realicen ciertos gastos para evitar fallos en el proceso productivo que generen mayores costes.

Los productores pueden monitorear frecuentemente sus equipos para actuar antes de que se sucedan los desperfectos.

Tipos de Mantenimiento

Existen diferentes tipos de mantenimiento, cada uno orientado a satisfacer necesidades específicas. Entre los más comunes se encuentran:

Mantenimiento Preventivo: Su objetivo es anticiparse a futuros desperfectos del equipo en cuestión. Podemos encontrar, dentro de esta categoría, tres tipos:

-  **Programado:** Cuando el mantenimiento se efectúa automáticamente, en función del tiempo de vida transcurrido.
-  **Predictivo:** Es aquel que se realiza cuando se ha ido revisando periódicamente el equipo, de manera que se puede anticipar cuando va a ocurrir un fallo, haciendo en ese momento la respectiva reparación.
-  **De oportunidad:** Es el mantenimiento que se desarrolla aprovechando que el equipo no está siendo utilizado, por ejemplo, cuando se para la actividad en una temporada de baja demanda. De ese modo, se evita que se tenga que detener la producción en momentos donde sería inoportuno y más costoso. Si el equipo

dejara de funcionar en una coyuntura de alta demanda, la empresa tendría que alquilar otra maquinaria o perdería ventas.

Mantenimiento Correctivo: Consiste en arreglar un desperfecto y tenemos dos variaciones:

- ✚ **Inmediato:** Es aquel que se realiza en el mismo momento en el que se identifica el daño.

- ✚ **Diferido:** Cuando se detiene la actividad del elemento afectado, pudiendo luego efectuarse la reparación correspondiente. ⁽¹⁾

Mantenimiento Industrial

El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario.

Objetivo del Mantenimiento industrial

El objetivo del mantenimiento industrial es asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones con respecto de la función deseada, dando cumplimiento además a todos los requisitos del sistema de gestión de calidad, así como con las normas de seguridad y medio ambiente, buscado el máximo beneficio global.

Utilidad del Mantenimiento Industrial

El área del Mantenimiento Industrial es de primordial importancia en el ámbito de la ejecución de las operaciones en la industria puesto que, de un buen mantenimiento depende, no sólo un funcionamiento eficiente de las instalaciones, sino, además, el control del ciclo de vida de las instalaciones sin disparar los presupuestos destinados a mantenerlas

Historia del Mantenimiento Industrial

A finales del siglo XVIII y comienzo del XIX durante la revolución industrial con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación y de igual manera los conceptos de competitividad, costos entre otros. De la misma manera empezaron a tenerse en cuenta el término de falla y comenzaron a darse a cuenta que esto producía paros en la producción. Tal fue la necesidad de empezar a controlar estas fallas que hacia los años 20 ya empezaron a aparecer las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipo de aviación.

Por lo cual podemos concluir que la historia del mantenimiento va de la mano con el desarrollo técnico-industria, ya que con las primeras maquinas se empezó a tener la necesidad de las primeras reparaciones. La mayoría de las fallas que se presentaban en ese entonces eran el resultado del abuso o de los grandes esfuerzos a los que eran sometidos las máquinas. En ese entonces el mantenimiento se hacía hasta cuando ya era imposible seguir usando el equipo. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación y producción.

Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implementación de una producción en serie, las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción por lo cual empezaron a sentir la necesidad de crear equipo que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento hoy conocido como **mantenimiento correctivo**. Esta situación se mantuvo hasta la década del año 50.

Fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos. Esta nueva forma o tendencia de mantenimiento se llamó **mantenimiento preventivo**.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento creadas a final del periodo anterior, y que la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento, pasa a desarrollar criterios de predicción de fallas. Visualizando así la optimización de la actuación de los equipos de ejecución del mantenimiento.

Estos criterios fueron conocidos como **mantenimiento predictivo** los cuales fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Se asignaron más responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo de la planta. ⁽²⁾

Ventajas de Mantenimiento Industrial

Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento se basa, principalmente, en prevenir los posibles fallos que puedan tener los equipos y la maquinaria industrial. De esta manera, se garantiza el control general de todos los trabajos para que el funcionamiento sea el adecuado en cada caso. Es uno de los métodos de mantenimiento más efectivo cuando se quiere evitar posibles conflictos en el funcionamiento de los equipos.

Podemos destacar las siguientes ventajas:

1. Se trata de un mantenimiento que permite que se controlen todos los procesos de producción y ayuda a que puedan hacerse planificaciones futuras con más seguridad.
2. Disminuye la posibilidad de que se den errores no planificados en el funcionamiento de los equipos. De esta forma sale beneficiada la productividad del personal.
3. Es un mantenimiento más económico.

Mantenimiento correctivo

Se trata de un mantenimiento industrial que se basa en la corrección de algún defecto que pueda presentar el equipo o la maquinaria de la empresa. Dentro de esta categoría podemos encontrar:

Mantenimiento correctivo no planificado. Se trata del mantenimiento que surge en un momento de urgencia y se ha de hacer alguna mejora en la máquina para que vuelva a funcionar con normalidad.

Mantenimiento correctivo planificado. A diferencia del anterior, este tipo de mantenimiento industrial es el que se realiza con previsión, pudiendo hacer las preparaciones necesarias para que se lleve a cabo.

Las ventajas del mantenimiento correctivo no planificado no existen, ya que se dan en un momento de emergencia. No obstante, en el mantenimiento correctivo planificado encontramos en cuanto a ventajas:

1. La maquinaria trabaja durante más tiempo, pero a un rendimiento más bajo.
2. La carga de trabajo del personal encargado del mantenimiento está más repartida.
3. Los costes de reparación normalmente son más bajos.
4. La maquinaria que se conforma es fiable, efectiva y muy especializada. ⁽³⁾

Metodología Del Mantenimiento Preventivo

INVENTARIO GENERAL DE EQUIPOS

El primer paso en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo consiste en realizar un inventario detallado de la maquinaria y equipos de la organización. Para ello, se lleva a cabo un levantamiento físico en el que se registran aspectos como el código asignado a cada activo, su descripción, ubicación y una valoración general de su estado. Este procedimiento permite identificar qué equipos deben ser considerados dentro del plan de mantenimiento preventivo, asegurando una gestión ordenada y sistemática de los recursos técnicos.

REGISTRÓ TÉCNICO DE RECURSOS

El registro técnico de equipos consiste en la recopilación sistemática de la información esencial de cada activo o infraestructura. Este proceso incluye datos como la fecha de adquisición, fecha de instalación, marca, modelo, número de serie, ubicación, tipo de equipo, proveedor o fabricante, entre otros aspectos relevantes. La finalidad de este registro es contar con una base de datos completa que facilite la gestión y el control del mantenimiento. Por ello, se recomienda documentar la mayor cantidad posible de información para cada unidad, garantizando así un seguimiento adecuado de su estado y desempeño a lo largo de su vida útil.

BITÁCORAS

Los registros constituyen una herramienta fundamental, ya que proporcionan evidencia documentada sobre la manera en que se han ejecutado los trabajos de mantenimiento. Además, permiten evaluar la calidad del servicio brindado por el departamento correspondiente y, al mismo tiempo, generan un respaldo institucional respecto a las labores realizadas dentro de la planta.

Estos registros pueden clasificarse en dos modalidades principales:

- Registros físicos (bitácoras duras): se elaboran de manera manual sobre papel y se consideran documentos de piso. Ejemplos de este tipo son el plan de mantenimiento, las listas de revisión y las órdenes de trabajo asociadas a mantenimientos correctivos, las cuales representan documentos de acción sobre tareas específicas. Asimismo, el personal de mantenimiento suele llevar bitácoras diarias por turno, donde se detallan las actividades realizadas.
- Registros electrónicos: se gestionan directamente en sistemas informáticos. En ellos se almacenan órdenes de trabajo, evaluaciones de planes de mantenimiento y listas de revisión, constituyendo la base para la generación de historiales de máquina y análisis posteriores.

HOJA DE SERVICIO (ORDEN DE SERVICIO)

Definición: La orden de servicio constituye un acuerdo formal entre el prestatario y el receptor de los servicios, mediante el cual se solicitan trabajos esporádicos de mantenimiento. La facturación correspondiente a los recursos empleados se realiza al concluir el servicio.

Una orden de servicio integra los siguientes grupos de datos:

- **Datos de cabecera**
- **Lugar y datos de imputación**
- **Datos del objeto**
- **Datos de la liquidación**
- **Datos de la operación**
- **Datos del componente**

Utilización: La orden de servicio se emplea para documentar y gestionar las actividades de mantenimiento, permitiendo:

- Planificar los servicios en relación con materiales, utilidades y personal.
- Supervisar la ejecución de las medidas programadas.
- Registrar y liquidar los costos derivados de los servicios.
- Incorporar los datos al historial de mantenimiento, lo cual resulta esencial para evaluaciones y planificación futura.
- Generar clientes esporádicos y trasladar información hacia pedidos específicos.

Estructura Cada orden de servicio se compone de operaciones que describen las etapas de trabajo. Para mayor precisión, estas operaciones pueden subdividirse en **sub-operaciones**, donde se planifican las utilidades y los materiales de recambio necesarios para la ejecución.

Integración Cuando existen múltiples avisos de servicios similares, estos pueden agruparse en una sola orden de servicio y concluirse de manera conjunta. Asimismo, una orden de servicio puede abarcar

trabajos en varios objetos similares instalados en el cliente, optimizando recursos y tiempo.

ORDEN DE TRABAJO

Definición La Orden de Trabajo es un documento oficial que establece de manera precisa las tareas específicas que deben ejecutarse sobre la maquinaria o equipo. Este documento incluye información detallada acerca de la unidad que recibirá el mantenimiento, las actividades a realizar, el personal asignado, los repuestos y herramientas requeridas, así como un espacio destinado al registro de tiempos muertos y costos asociados a la ejecución.

Importancia La Orden de Trabajo constituye un elemento esencial dentro de la gestión de mantenimiento por las siguientes razones:

1. Da estructura y operatividad al Sistema de Mantenimiento.
2. Organiza de manera eficiente la gestión de actividades.
3. Representa la única evidencia tangible de que los trabajos fueron realizados.
4. Actúa como vínculo entre la administración y la ejecución física del mantenimiento.
5. Se convierte en un registro histórico del equipo intervenido.
6. Permite capturar tiempos muertos y costos de mantenimiento.
7. Cumple con las exigencias de normativas internacionales de calidad.

Por estas razones, se afirma que sin Órdenes de Trabajo no puede existir un Sistema de Mantenimiento Preventivo.

Generación de Órdenes de Trabajo

Las Órdenes de Trabajo pueden originarse en distintos escenarios, tales como:

- Calendario general de mantenimiento preventivo planificado
- Solicitudes de trabajo específicas
- Documentación de trabajos correctivos ya realizados

Aplicación en entornos industriales y académicos En la operación diaria de laboratorios, talleres, plantas industriales o incluso espacios educativos, surgen diversas circunstancias que requieren la emisión de Órdenes de Trabajo. Estas permiten asegurar que los recursos continúen funcionando correctamente, tanto en actividades de mantenimiento preventivo como correctivo.

COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Antes de implementar un programa de mantenimiento preventivo es indispensable contar con una estimación completa de los costos, ya que existen diversos requerimientos que deben considerarse. Entre los principales se encuentran:

❖ Costos de arranque

Todo programa de mantenimiento implica gastos iniciales relacionados con su puesta en marcha. En esta etapa se contemplan los siguientes aspectos:

A) Tiempo extra

Se requiere tiempo adicional para seleccionar la maquinaria y equipo que formarán parte del programa.

Es necesario reunir información técnica relevante: manuales del fabricante, recomendaciones, historiales de fallas, partes críticas, repuestos y datos de placa.

Este tiempo también debe contemplar la organización de la información, la elaboración de manuales de mantenimiento, la redacción de procedimientos preventivos y la definición de frecuencias de intervención para la emisión de órdenes de trabajo.

B) Tiempo de ayudantes

Una vez recopilada la información, es necesario transferirla a su formato final, ya sea en un programa manual o en un sistema computarizado.

Este trabajo suele ser más eficiente cuando lo realiza personal con experiencia en gestión de mantenimiento.

C) Mano de obra (técnicos de mantenimiento)

Se debe considerar el costo de la mano de obra destinada a recopilar información técnica de los equipos: datos de placa, refacciones utilizadas, materiales y otros elementos necesarios para la correcta planificación.

❖ Almacenes

La gestión de almacenes y el control del inventario de refacciones constituyen un elemento crítico dentro de la metodología del mantenimiento preventivo. A medida que se incrementa la aplicación de este tipo de mantenimiento, también aumenta la cantidad de repuestos que deben almacenarse, lo cual exige una administración eficiente y alineada con los programas de confiabilidad de cada equipo y sus refacciones críticas.

📊 Información necesaria

Para garantizar un inventario adecuado, es indispensable contar con datos sobre:

- Proveedores y tiempos de entrega.
- Costos y condiciones de adquisición.
- Tiempos de tránsito y disponibilidad de materiales.

Con esta información es posible determinar niveles óptimos de lubricantes, filtros, sellos, refacciones comunes y especiales, así como otros artículos de almacén utilizados regularmente en el mantenimiento preventivo.

📊 Herramientas e instrumentos especiales

Un aspecto frecuentemente descuidado en los programas de mantenimiento es la disponibilidad de herramientas específicas. La falta de estas puede afectar la ejecución de las órdenes de trabajo. Asimismo, si se incluyen subprogramas de mantenimiento predictivo (como análisis de aceite), será necesario contar con instrumentos especializados o contratar servicios externos de monitoreo.

Optimización del inventario

Aunque el mantenimiento preventivo tiende a incrementar la demanda de refacciones, uno de sus beneficios es la reducción del inventario innecesario. Para lograrlo, se recomienda:

- Integrar el programa con bases de datos electrónicas o sistemas de hojas de cálculo.
- Comprometer y adquirir repuestos con anticipación de 3 a 6 meses.
- Implementar esquemas de consignación para reducir la inversión en inventario y asegurar disponibilidad en el momento justo.

Compras técnicas

Es fundamental contar con un sistema de compras técnicas o capacitar al personal encargado de adquisiciones. En muchos casos, la falta de refacciones impide la ejecución de órdenes de trabajo, lo que evidencia la importancia de una gestión de compras especializada.

Impacto del mal manejo de inventario

Un inventario deficiente afecta directamente la efectividad del programa de mantenimiento preventivo, generando desviaciones en el desempeño de los equipos y comprometiendo la calidad de los procesos. Por ello, se debe ser cuidadoso y recopilar la información necesaria para garantizar una administración eficiente.

❖ Entrenamiento

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo requiere evaluar si es necesario establecer un plan de entrenamiento para el personal involucrado. Al menos, debe considerarse el tiempo destinado a la capacitación inicial, con el fin de familiarizarse con los procedimientos, la frecuencia de las actividades y el uso de las órdenes de trabajo.

Es recomendable conformar un grupo de trabajo directamente vinculado al soporte del programa de mantenimiento preventivo, asegurando su cumplimiento. En este sentido, resulta fundamental brindar capacitación al personal operativo y técnico de base, de manera que se garantice la correcta ejecución de las tareas programadas.

En caso de que el programa incluya disciplinas adicionales de mantenimiento predictivo, será indispensable proporcionar entrenamiento especializado. Este debe abarcar el uso de herramientas de diagnóstico, programas de control y sistemas de integración, con el objetivo de que el personal pueda interpretar resultados y aplicar medidas correctivas de manera eficiente.

❖ Costos

La mayoría de los costos asociados a un programa de mantenimiento preventivo son de carácter recurrente. Entre los más relevantes se encuentran:

- Reaprovisionamiento de almacenes: es necesario mantener un inventario actualizado de refacciones y materiales críticos.
- Personal adicional y entrenamiento: puede requerirse la incorporación de nuevos técnicos o la capacitación continua del personal existente para asegurar la correcta ejecución del programa.
- Herramientas especiales: algunos procedimientos demandan equipos o instrumentos específicos que deben adquirirse y mantenerse en condiciones óptimas.
- Capacitación constante: el personal debe actualizar sus conocimientos en relación con nuevas metodologías, tecnologías y normativas aplicables.
- Expansión del programa: si el mantenimiento preventivo inició en una parte limitada de la operación, es probable que se requiera extenderlo progresivamente hasta abarcar la totalidad de los equipos y procesos de la planta. ⁽⁴⁾

Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo

CAPTURA DE LOS DATOS DE LOS ACTIVOS

El primer paso en la elaboración de un plan de mantenimiento es la captura y organización de la información técnica y de identificación de los activos. Esta etapa asegura que cada equipo esté correctamente documentado y gestionado dentro del programa.

Componentes principales

1. Información técnica y de identificación

- Fichas técnicas: especificaciones como modelo, marca, capacidades y dimensiones.
- Manuales de instalación: instrucciones del fabricante para garantizar una correcta puesta en marcha.
- Procedimientos operativos estándar (SOPs): guías para operar los equipos de forma segura y eficiente.
- Instrucciones de mantenimiento: rutinas preventivas y correctivas, frecuencias recomendadas y tipos de inspecciones.

2. Fotografías del equipo y sus partes

Imágenes claras de cada activo y sus componentes principales, útiles para identificación visual y referencia rápida durante las actividades de mantenimiento.

3. Número de parte o identificación del activo

Registro único asignado por la empresa, que facilita el seguimiento y control dentro del sistema de mantenimiento.

ORGANIZACIÓN DE LOS LÍMITES DE LOS ACTIVOS

El segundo paso en la elaboración de un plan de mantenimiento consiste en definir los límites de los activos, estableciendo con precisión las fronteras físicas y funcionales de cada equipo o sistema. Esta etapa es fundamental para garantizar una gestión ordenada y evitar confusiones durante la operación y el mantenimiento.

Aspectos clave

1. Definición de límites espaciales

- Inicio y fin del activo: identificar los puntos físicos que marcan el comienzo y el final del equipo.
- Área de influencia: delimitar el espacio que ocupa el activo y su zona inmediata de operación, lo cual facilita la planificación de actividades de mantenimiento.

2. Clarificación de intersecciones con otros activos

- Interconexiones y puntos de unión: documentar las conexiones con otros equipos o sistemas para asegurar una gestión eficiente de las interfaces.
- Zonas comunes: establecer reglas de uso compartido en áreas donde varios activos coinciden, evitando conflictos y asegurando continuidad operativa.

CLASIFICACIÓN DE LOS ACTIVOS

Clasificación	Grado	Criticidad = influencia sobre el ingreso \$
Critico	Activo estrella	% en cambio de rendimiento = % en cambio de ingresos
	Critico	Tiempo de actividad = ingresos Tiempo de inactividad = sin ingresos
No critico	Semi critico	Tiempo de inactividad = presión sobre el cumplimiento
	No critico	Tiempo de inactividad = sin efecto inmediato en los ingresos

Ilustración 4 Autor desconocido. (s.f.). Clasificación de los activos. En Cómo elaborar un plan de mantenimiento

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Un procedimiento de mantenimiento debe quedar documentado de forma clara y operativa. Los elementos esenciales son:

- **Título del procedimiento:** nombre claro y descriptivo que indique el tipo de mantenimiento y el equipo o sistema al que aplica.
- **Objetivo:** propósito del procedimiento y beneficios esperados (prolongar vida útil, prevenir fallas, mejorar rendimiento).
- **Frecuencia:** intervalos de ejecución (diario, semanal, bimestral, anual o fechas específicas).
- **Duración estimada:** tiempo requerido para completar la tarea (días, horas o minutos).

- **Personal:** cantidad de técnicos o trabajadores y la especialización requerida.
- **Materiales:** listado de insumos y repuestos con cantidades específicas.
- **Herramientas necesarias:** instrumentos y equipos, incluyendo cualquier herramienta especial.
- **Procedimiento:**
 - **Pasos detallados:** secuencia clara y completa de actividades, con instrucciones fáciles de seguir.
 - **Instrucciones de seguridad:** medidas preventivas por paso para proteger al personal y al equipo.

INVENTARIOS DE MANTENIMIENTO

Esta etapa garantiza que todos los materiales y herramientas requeridos estén disponibles en el momento necesario, evitando retrasos o interrupciones en las actividades de mantenimiento. Los componentes clave son:

- **Nombre del ítem:** identificación clara y específica de cada material o herramienta.
- **Descripción del material:** breve explicación de sus características principales y su función en el procedimiento.
- **Cantidad en existencia:** registro exacto del inventario disponible en el almacén.
- **Cantidad mínima requerida:** nivel mínimo que debe mantenerse para asegurar continuidad en los trabajos.
- **Unidades del ítem:** especificar la medida correspondiente (unidades, galones, metros, etc.) para una gestión precisa.
- **Herramientas:** listado completo de las herramientas necesarias, verificando que estén disponibles y en buen estado.

FALLAS

Un paso esencial dentro de la metodología de mantenimiento es la recolección y análisis de fallas, seguido de la implementación de planes de mejora para reducir su recurrencia.

Componentes principales

1. Recolección de información de fallas

- Registro de incidentes: documentar cada falla con detalles como fecha, hora, equipo afectado, síntomas y circunstancias.
- Clasificación de fallas: organizar los incidentes según su naturaleza (mecánica, eléctrica, operativa, etc.) y su impacto (menor, moderada, crítica).

2. Análisis de la causa raíz (RCA)

- Métodos de análisis: aplicar herramientas como el diagrama de Ishikawa para identificar factores que originan las fallas (personas, métodos, materiales, maquinaria, entorno, medición).
- Revisión de datos: detectar patrones y tendencias que revelen causas comunes.

3. Implementación de un plan de mejora

- Desarrollo de soluciones: diseñar acciones correctivas como ajustes en procedimientos, mejoras en diseño o capacitación del personal.
- Medidas preventivas: aplicar estrategias como mantenimiento predictivo, inspecciones más frecuentes o nuevas tecnologías.
- Monitoreo y ajuste: establecer un sistema de seguimiento para evaluar la efectividad de las mejoras y realizar ajustes cuando sea necesario.

PLANIFICACIÓN

La planificación es un aspecto fundamental para garantizar la eficiencia del mantenimiento preventivo. Este proceso implica coordinar las actividades de acuerdo con las instrucciones del fabricante y gestionar adecuadamente los indicadores de uso de los equipos.

Elementos clave

1. Planificación de órdenes de trabajo

- Instrucciones del fabricante: seguir las recomendaciones de mantenimiento preventivo, que especifican tareas y frecuencias.
- Programación adecuada: organizar las órdenes de trabajo conforme a la frecuencia establecida, asegurando que las intervenciones se realicen en el momento óptimo para prevenir fallas y prolongar la vida útil del equipo.

2. Coordinación de la toma de medidores

- Horómetros o contadores de ciclos: registrar lecturas diarias para obtener datos precisos sobre el tiempo de funcionamiento.
- Estos registros permiten programar el mantenimiento de manera exacta, evitando retrasos y asegurando la continuidad operativa. ⁽⁵⁾

Qué es el análisis del modo y efecto de fallas (AMEF)

También conocido por sus siglas AMEF, o del inglés FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), el análisis del modo y efecto de fallas se define como un procedimiento para la detección de riesgos a partir del análisis de fallas potenciales, lo que permite la implementación de acciones que eviten que las fallas se presenten y se mejore la calidad.

- **Análisis:** Revisión detallada de los elementos de un proceso.
- **Modo:** La forma en que se genera la falla.
- **Efecto:** La consecuencia de la falla.
- **Falla:** El error o imperfección que genera un resultado no deseado.

Ventajas y desventajas del análisis AMEF

Siendo una de tantas técnicas para la gestión de riesgos y mejora de la calidad, podemos diferenciarla por las ventajas y desventajas que presente frente a otras.

Existen muchos beneficios y ventajas del análisis AMEF;

- Aumenta la efectividad de los procesos: logra el objetivo con menos recursos.
- Reduce los costos de mantenimiento y los asociados a los errores.
- Mejora la satisfacción del cliente al evitar que reciba productos o servicios defectuosos o que no cumplen sus requisitos.
- Mantiene el conocimiento de la empresa al ser un método documentado.

Desventajas del AMEF;

- Las clasificaciones basadas en los factores de severidad, ocurrencia y detección tienen una misma ponderación, lo que puede conllevar a que un modo de fallo que por ejemplo, presenta una alta severidad, tenga un NPR más bajo, sin importar que debería ser prioridad para ejecutar las acciones correctivas dada la severidad del fallo.
- El éxito del análisis de modo y efecto de fallas está dado por la experiencia y conocimiento de los miembros sobre el producto, proceso o sistema que se analiza.
- Pueden generarse NPR con el mismo valor a pesar de tener diferentes combinaciones de severidad, ocurrencia y detección.
- El cálculo matemático de NPR es sensible a la variación en la severidad, ocurrencia y detección.
- El NPR se limita a los riesgos asociados a la seguridad y no considera otros factores de riesgos como los económicos. ⁽⁶⁾

Cuando se debe implementar el AMEF

El AMEF es un procedimiento que enriquece a las organizaciones, de manera que considerar implementarlo no requiere de condiciones específicas de las operaciones. Sin embargo, pueden detectarse situaciones en las cuales el AMEF es una herramienta vital de soporte, por ejemplo:

- Diseño de nuevos productos y/o servicios.
- Diseño de procesos.
- Programas de mantenimiento preventivo.
- Etapas de documentación de procesos y productos.
- Etapas de recopilación de información como recurso de formación.
- Por exigencia de los clientes.

El AMEF es por excelencia la metodología propuesta como mecanismo de acción preventivo en el diagnóstico y la implementación del Lean Manufacturing. Este se activa por medio de los indicadores cuando se requiere prevenir la generación de problemas.

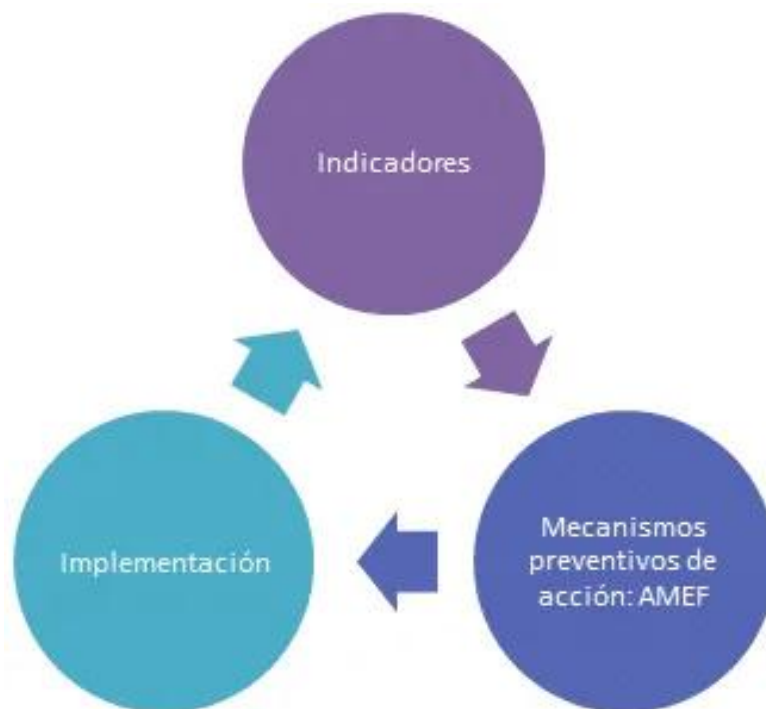


Ilustración 5 Salazar López, B. (2019). Indicadores para prevenir problemas. En Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). Ingeniería Industrial Online.

Procedimiento para realizar el AMEF de un proceso

En primer lugar debe considerarse que para desarrollar el AMEF se requiere de un trabajo previo de recolección de información; en este caso el proceso debe contar con documentación suficiente acerca de todos los elementos que lo componen. El AMEF es un procedimiento sistemático cuyos pasos se describen a continuación:

1. Desarrollar un mapa del proceso (Representación gráfica de las operaciones).
2. Formar un equipo de trabajo (Team Kaizen), documentar el proceso, el producto, etc.
3. Determinar los pasos críticos del proceso.
4. Determinar las fallas potenciales de cada paso del proceso, determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad (severidad).
5. Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas.
6. Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.
7. Obtener el número de prioridad de riesgo para cada falla y tomar decisiones.
8. Ejecutar acciones preventivas, correctivas o de mejora. ⁽⁷⁾



Ilustración 6 Procedimiento para realizar el AMEF de un proceso. (s.f.). Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF).

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta fundamental en la mejora de procesos y en la gestión de la calidad. Permite visualizar de forma sencilla y clara cuáles son las causas más determinantes de un problema, priorizando así los esfuerzos de análisis e intervención.

Basado en la ley de Pareto, este diagrama ayuda a las empresas a concentrar sus recursos en los factores que generan un mayor impacto en sus operaciones.



Ilustración 7 Diagrama de Pareto. Probabilidad y Estadística. (s.f.). En Diagrama de Pareto. Probabilidad y Estadística.

Para qué sirve el diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se emplea para priorizar problemas y causas dentro de cualquier proceso empresarial. Su principal función es determinar los motivos que generan la mayor parte de los efectos negativos o incidencias en la calidad de los productos o servicios, lo que posibilita a las empresas:

- Visualizar patrones de problemas. Detectar gráficamente qué factores son recurrentes y cuáles tienen menor trascendencia.
- Dedicar recursos a lo más relevante. Enfocarse en las causas que poseen una mayor incidencia, evitando dispersar esfuerzos.
- Medir la efectividad de las mejoras. Tras aplicar acciones correctivas, el diagrama puede actualizarse para comprobar si los problemas críticos se han reducido.

Según la American Society for Quality (ASQ), se recomienda utilizar el diagrama de Pareto para analizar datos sobre la asiduidad de problemas o causas en un proceso, especialmente cuando existen múltiples factores y se desea centrar la atención en los más

significativos, o al examinar causas generales a través de sus componentes específicos.

Cómo se hace un diagrama de Pareto

Elaborar un diagrama de Pareto es un proceso sencillo, pero requiere seguir una serie de pasos bien definidos para garantizar su utilidad y precisión:

1. **Identificar el problema.** Definir con claridad el fenómeno o situación que se desea analizar, como defectos en productos, incidencias en pedidos o fallos en un proceso. Una definición precisa es esencial para realizar un análisis efectivo.
2. **Recoger datos relevantes.** Registrar y recopilar información sobre la frecuencia o la influencia de cada causa o factor relacionado con el problema. Todos los datos deben corresponder a un periodo de tiempo determinado y medirse con la misma unidad (por ejemplo, número de incidencias, costes o duración).
3. **Agrupar y ordenar las causas.** Clasificar las causas o factores en categorías únicas y ordenarlas de mayor a menor según su regularidad o repercusión. De esta forma, se visualiza cuáles contribuyen en mayor medida al problema.
4. **Calcular porcentajes y acumulados.** Determinar el porcentaje que representa cada causa sobre el total y su valor acumulado. Este paso permite aplicar el principio 80/20, que resulta útil para distinguir las causas principales de las secundarias.
5. **Construir el gráfico.** Representar los datos en un gráfico de barras con las causas en el eje horizontal, ordenadas de izquierda a derecha según su impacto (de mayor a menor relevancia). En el eje vertical izquierdo se muestra la frecuencia o magnitud, mientras que en el derecho se traza la línea acumulativa que señala el porcentaje acumulado.
6. **Analizar e interpretar los resultados.** Identificar las causas principales que representan aproximadamente el 80% del problema. Con esta información, se pueden priorizar acciones correctivas y centrarse en los factores que aporten una mayor mejora.

Este procedimiento, habitual en la gestión de la calidad y la mejora continua, asegura que el análisis de Pareto refleje con exactitud la realidad del problema y facilite una toma de decisiones orientada a la acción.

Aplicaciones del diagrama de Pareto en las empresas

El diagrama de Pareto se aplica en diversas áreas operativas como herramienta para impulsar la mejora continua y optimizar la toma de decisiones:

- **Control de calidad.** Detecta las causas más comunes de defectos o fallos en los productos, lo que ayuda a focalizar las acciones correctivas en los puntos críticos, limitar rechazos y aumentar la satisfacción del cliente.
- **Atención al cliente.** Permite detectar los motivos principales de quejas o incidencias, facilitando el diseño de soluciones efectivas y una mejor experiencia para el usuario.
- **Producción.** Señala los factores que afectan la eficiencia o la productividad como paros frecuentes o variaciones en los procesos y contribuye a priorizar las mejoras con mayor efecto en el rendimiento operativo.
- **Mantenimiento.** Se utiliza para establecer el origen principal de los fallos, averías o pérdidas de eficiencia en equipos e instalaciones, de modo que se puedan priorizar las acciones correctivas o preventivas más efectivas.
- **Logística y almacén.** Detalla los errores más habituales en la preparación, almacenamiento o envío de pedidos, lo que optimiza flujos de trabajo, restringe devoluciones y mejora el rendimiento de la cadena de suministro.

En todas estas áreas, el diagrama de Pareto hace dirigir los esfuerzos hacia las causas de los problemas con mayor potencial de mejora, garantizando un uso más eficiente de los recursos y un retorno tangible de las acciones implementada ⁽⁸⁾

TPM (Mantenimiento Productivo Total)

El Mantenimiento Productivo Total, también conocido como TPM, por sus siglas en inglés (Total Productive Maintenance), nació en Estados

Unidos, y tiene sus principales antecedentes en los conceptos de mantenimiento preventivo desarrollados en los años cincuenta.

El mantenimiento preventivo consiste en actividades de revisión parcial de forma planificada, en las cuales se ejecutan cambios, sustituciones, lubricaciones, entre otras actividades; antes de que se materialicen las fallas.

La forma planificada requiere de una programación periódica, teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas del fabricante, y el histórico de averías de los equipos.

¿Qué es el TPM?

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología Lean Manufacturing de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente.

Ventajas de implementar TPM

El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza. Actividades en las que se involucra al personal de producción, con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema. Además, el TPM presenta las siguientes ventajas:

- Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.
- Mejoramiento de la productividad: Mediante el aumento del tiempo disponible.

- Flujos de producción continuos: El balance y la continuidad del sistema no solo benefician a la organización en función a la disponibilidad del tiempo, sino también reduce la incertidumbre de la planeación.
- Aprovechamiento del capital humano.
- Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: Las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes.
- Reducción de costos operativos.

Vale la pena considerar que los equipos son susceptibles a un desgaste natural, y a un desgaste forzoso. Las actividades del TPM se enfocan en eliminar los factores de desgaste forzoso, aumentando el cuidado sobre el equipo y las instalaciones.

Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)

El mantenimiento autónomo es aquel que se lleva a cabo con la colaboración de los operarios del proceso. Consiste en realizar diariamente actividades no especializadas, tales como la inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudios de mejoras, análisis de fallas, entre otras. Es importante que los operarios sean capacitados y polivalentes para llevar a cabo estas funciones, de tal manera que debe contar con total dominio del equipo que opera, y de las instalaciones de su entorno.

Los objetivos del mantenimiento autónomo son claros, y contribuyen a la preservación de los equipos mediante la prevención. Además, el mantenimiento autónomo permite:

- Adquirir conocimiento y aprendizaje por medio del estudio del equipo.
- Desarrollar habilidades para el análisis y solución de problemas. Cultura organizacional orientada a la mejora continua y a la gestión colaborativa.
- Mejorar las funciones del equipo.
- Mejorar las condiciones de seguridad y eficiencia (productividad y energía) del equipo.

Como metodología específica de mantenimiento autónomo, el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) recomienda el siguiente procedimiento:

Etapa	Nombre	Descripción
1	Limpieza inicial (limpieza profunda).	Eliminación de suciedad, escapes, polvo, identificación de fuga; ajustes menores.
2	Acciones correctivas en la fuente.	Evitar que el equipo se ensucie nuevamente, facilitar su acceso, inspección y limpieza inicial; reducir el tiempo empleado en la limpieza profunda.
3	Preparación de estándares de inspección.	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y ajuste. Una vez validados se establecerán en forma definitiva.
4	Inspección general.	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la verificación.
5	Inspección autónoma.	Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo.
6	Estandarización.	Estandarización de los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos, controles a herramientas, moldes, medidas de producto, patrones de calidad, etc. Elaboración de procedimientos operativos estándar. Aplicación de estándares

Tabla 1 Salazar López, B. (2019, noviembre. Mantenimiento productivo total (TPM). Ingeniería Industrial Online.

Mantenimiento planificado (Keikaku Hozen)

El mantenimiento planificado, también conocido con el nombre de mantenimiento programado o preventivo, es el tercer pilar del TPM, y corresponde al mejoramiento incremental y sostenible de los equipos, instalaciones y el sistema en general, con el propósito de lograr el objetivo de «cero averías».

El enfoque del mantenimiento planificado, como pilar del TPM, dista en gran medida del enfoque tradicional del mantenimiento preventivo, aportando una metodología estratégica de mejora basada en:

- Actividades para prevenir y corregir averías en equipos e instalaciones a través de rutinas diarias, periódicas y predictivas.
- Eventos Kaizen (cuatro a ocho días) orientados a mejorar las características de los equipos, para eliminar acciones de

mantenimiento, actualizar órdenes de trabajo, actualizar listado de repuestos, para establecer un análisis de confiabilidad (AMEF).

- Eventos Kaizen para el mejoramiento de la gestión administrativa y técnica del mantenimiento.

El principal aporte del enfoque TPM consiste en priorizar la información histórica necesaria para establecer las acciones específicas requeridas por equipo, de manera que se establezcan tiempos adecuados de mantenimiento, actividades precisas de alistamiento (mantenimiento/almacén de repuestos), acciones específicas de prevención a equipos con alto deterioro, se definan rutas de mantenimiento preventivo preciso teniendo en cuenta la criticidad y complejidad de los equipos e instalaciones, e incluso procedimientos operativos estándar por actividad de mantenimiento, en los cuales se establezcan las condiciones específicas de mantenimiento, calidad, seguridad, registro, herramientas, entre otros factores de suma importancia para realizar las actividades de inspección.

Para que el mantenimiento planificado funcione bien, no basta con tener rutinas y listas de repuestos: es necesario que toda la organización trabaje en conjunto y que exista una cultura de prevención.

En muchas empresas grandes todavía se ven problemas como:

- Se hacen las mismas rutinas de mantenimiento en equipos que tienen diferentes niveles de desgaste.
- Los listados de repuestos y órdenes de trabajo no están actualizados.
- Las instrucciones de mantenimiento son poco claras o no tienen suficiente detalle.

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) ayuda a superar estas limitaciones porque involucra a todos: operadores, técnicos y supervisores. Al aplicar sus estrategias, se logra que cada persona participe en el cuidado de los equipos, se definan acciones concretas y se mejore continuamente el funcionamiento de las máquinas e instalaciones.⁽⁹⁾

CAPITULO 3: DESARROLLO

11. Descripción de las actividades realizadas

- Realizar la planeación general del proyecto, definiendo objetivos, alcance y metodología de trabajo.
- Ejecutar un diagnóstico inicial de las condiciones de la maquinaria, identificando fallas recurrentes, deficiencias operativas y necesidades de mantenimiento.
- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, considerando las características técnicas de los equipos y los recursos disponibles.
- Aplicar mantenimiento preventivo en las máquinas, incluyendo limpieza profunda, ajustes mecánicos y revisión de parámetros operativos.
- Implementar acciones de mantenimiento correctivo en componentes críticos, como bandas, engranes, sensores y sistemas neumáticos.
- Sostener reuniones periódicas de seguimiento con el asesor académico para validar avances, recibir retroalimentación y ajustar estrategias.
- Redactar el informe final del proyecto, integrando resultados, evidencias fotográficas, análisis técnico y propuestas de mejora.

Diagnóstico de fallas mediante AMEF en el área de hilatura

Se realizaron observaciones directas en las líneas de producción con el objetivo de recopilar la información necesaria para elaborar las tablas AMEF y proponer mejoras en las máquinas de hilatura, buscando reducir los fallos no planificados que afectan la eficiencia operativa.

Las fallas analizadas corresponden a las máquinas **Conera 1**, **Volufil 1** y los **Estiradores de la línea 1 y 2**, específicamente en el tercer paso del proceso, ya que estas son las que presentan mayor frecuencia de fallos. Cabe destacar que también son las más complejas de ajustar en términos de operación y mecanismos, debido a que llevan un periodo prolongado sin recibir mantenimiento adecuado, lo que incrementa la probabilidad de fallas durante su funcionamiento.

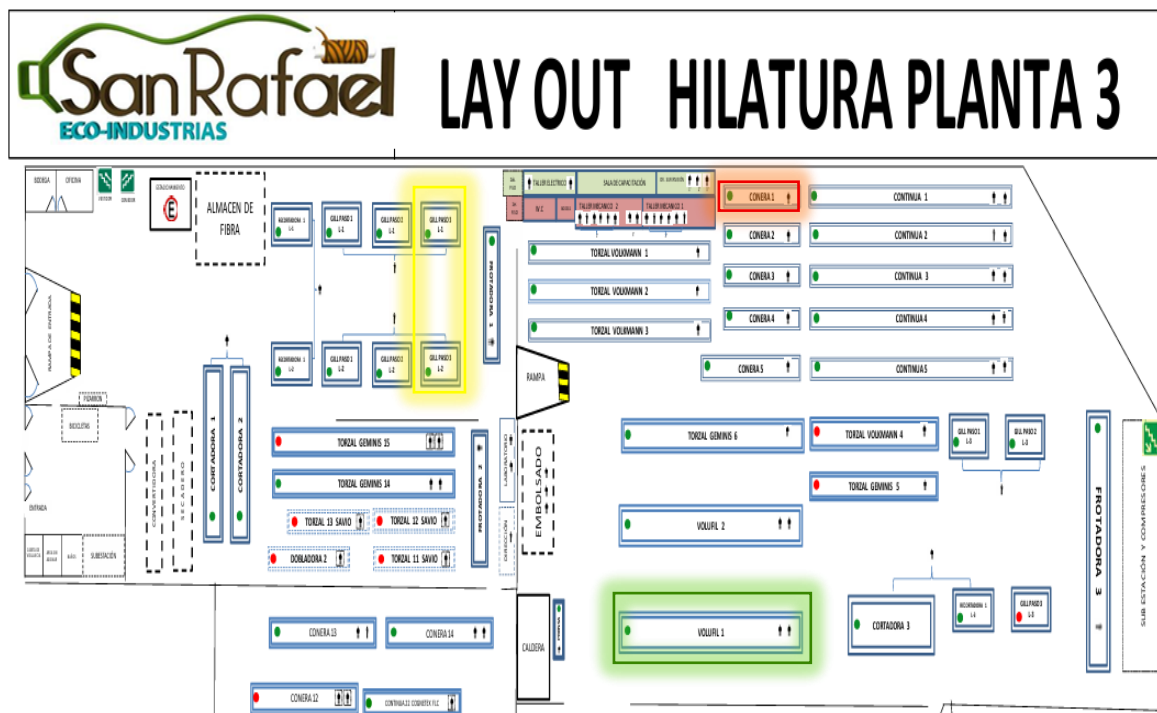


Ilustración 8 LAY OUT HILATURA PLANTA 3 (Fuente: Departamento de Calidad ,2023).

Esta información fue respaldada por el departamento de calidad, mediante la aplicación de pruebas USTER, las cuales permiten identificar con precisión las fallas en el hilo y, por ende, localizar el origen dentro de cada máquina.

Una vez identificadas las fallas más representativas, se procedió a la elaboración de las tablas AMEF para cada máquina mencionada. Este proceso contó con el apoyo del departamento de calidad, los mecánicos del taller 1 (encargados del mantenimiento de dichas máquinas), y los operadores de línea, utilizando como base los datos recopilados durante el mes de septiembre y la primera mitad de octubre. Las fallas fueron clasificadas según su frecuencia y nivel de riesgo, permitiendo enfocar los esfuerzos en aquellas que impactan directamente la calidad y continuidad del proceso.

Una vez identificadas y simplificadas las fallas más relevantes, se procedió a realizar el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF), el cual permite desglosar aspectos clave para su evaluación, tales como:

- Modos de fallo
- Efectos asociados a cada modo de fallo
- Causas potenciales
- Controles actuales implementados

Con las fallas mecánicas ya clasificadas según su nivel de concurrencia y riesgo, se procedió a graficarlas y analizarlas dentro de la tabla AMEF. A partir de este análisis, se plantearon acciones recomendadas, enfocadas principalmente en la mejora del mantenimiento preventivo y correctivo de las líneas de producción, con el objetivo de incrementar la disponibilidad operativa y prolongar la vida útil de los equipos.

Cada uno de los puntos evaluados se pondera utilizando criterios establecidos en el método AMEF, que incluyen:

- Severidad (S)
- Ocurrencia (O)
- Detección (D)

Multiplicando estos tres factores se obtiene el Número de Prioridad de Riesgo (NPR), el cual permite jerarquizar las fallas y definir cuáles requieren atención inmediata.

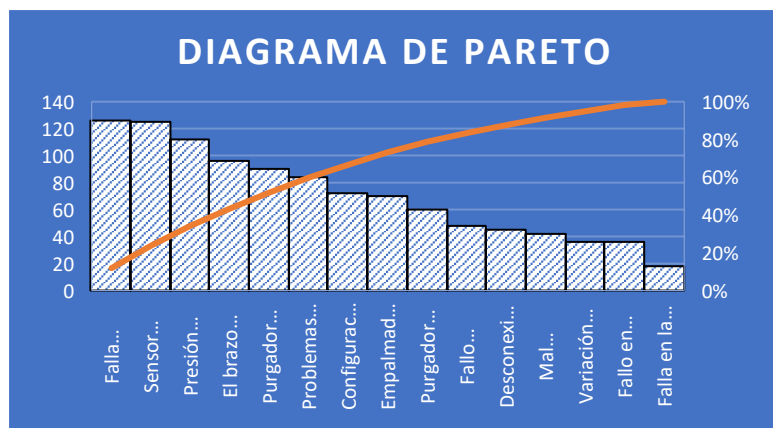
$$NPR = \textit{Grado de severidad} * \textit{Grado de ocurrencia} * \textit{Grado de detección}$$

Conera Savio Espero

Maquina	Modos de fallo	Efecto del fallo	Severidad (S)	Causa	Ocurrencia (O)	Controles actuales	Detección (D)	NPR
Conera Savio Espero	Hilo deja mecha al empalmar	Apariencia defectuosa del hilo terminado	7	Empalmador Dañado	5	Supervisión por parte del área de calidad	2	70
		Rechazo del producto por parte del cliente	7	Presión insuficiente en el sistema de empalme	4	Supervisión por parte del operador	4	112
			7	Mal posicionamiento del hilo antes del empalme	3	Supervisión aleatoria por parte del área de calidad	2	42
	Conos salen guangos o mal compactados	Dificultad para usar el hilo en máquinas posteriores	6	Problemas de aire o suciedad en el grupo tensor de hilo	7	Inspección visual del hilo y conos por el operador	2	84
		Retrabajo o reproceso del producto	6	El brazo portabobinas esta desalineado	4	Inspección visual del hilo y conos por el operador	4	96
		Incremento en el desperdicio de hilo	4	Variación en la velocidad de enrollado	3	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	36
	Falla en el sistema de corte automático	Conos sin corte, provocando enredos	5	Purgador Dañado	6	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	90
		La cabeza de bobinado no funciona	4	Purgador sucio o mal calibrado	5	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	60
			4	Fallo eléctrico en el sistema de activación	4	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	48
	Empalme sin activación en el sistema de aire	Empalme débil que se separa fácilmente	6	Falla calibración de empalmador (Presión Baja)	7	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	126
		Hilo con nudos o irregularidades	5	Sensor Antirizos desactivado	5	Inspección visual del hilo y conos por el operador	5	125
			5	Desconexión o fuga en la línea de aire	3	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	45
	Conos muy grandes o pequeños	Incremento en el tiempo de ciclo	4	Configuración incorrecta del tamaño en el panel de control	6	Supervisión por parte del área de calidad	3	72
		Tiempo adicional requerido para corregir el cono	3	Fallo en sensor de longitud	4	Inspección visual conjunta realizada por técnico de mantenimiento	3	36
		Reducción en la productividad por vigilancia manual del proceso	2	Falla en la tarjeta electrónica de control de metraje	3	Inspección visual conjunta realizada por técnico de mantenimiento	3	18

Tabla 2 Análisis modal de fallos y efectos Conera 1. Elaboración propia (2025).

Se elaboró un diagrama de Pareto con el objetivo de analizar las principales causas de las fallas que presenta la máquina conera. De esta forma, se identificó el punto crítico donde se concentran la mayoría de los problemas, permitiendo enfocar las acciones correctivas en esa causa principal, mejorar la calidad del proceso y optimizar el funcionamiento general de la máquina.



Grafica 1 Diagrama de Pareto Conera Elaboración propia (2025).

Como se observa en el gráfico de Pareto, se analizaron los datos obtenidos en la tabla, los cuales muestran que las fallas más significativas en la máquina conera se deben principalmente a la falta de calibración de los espalmadores y a sensores antirrizos desconectados.

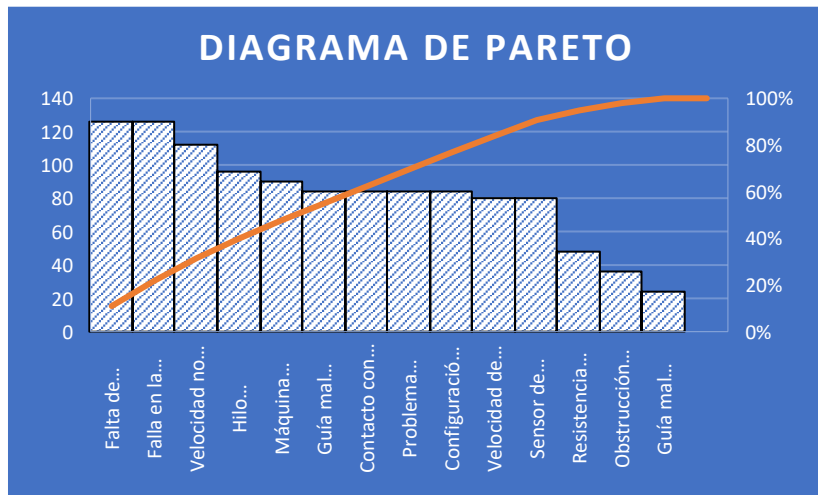
Volufil Multicone Savio

Maquina	Modos de fallo	Efecto del fallo	Severidad (S)	Causa	Ocurrencia (O)	Controles actuales	Detección (D)	NPR
	Hilo se revienta constantemente	Apariencia defectuosa del hilo terminado	6	Hilo defectuoso	4	Supervisión por parte del área de calidad	4	96
		Rechazo del producto por parte del cliente	7	Velocidad no controlada en la etapa de salida del hilo	4	Supervisión por parte del área de calidad	4	112
				Guía mal alineada	4	Supervisión por parte opeador	3	84
	Hilo se enreda en el grupo de distribucion	Riesgo de atasco en la máquina	4	Velocidad de avance desajustada	4	Inspección visual del hilo y conos por el operador	5	80
		Necesidad de paro para limpieza	3	Obstrucción en el grupo de distribución	4	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	36
		Incremento en el desperdicio de hilo	2	Guía mal posicionada	4	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	24

Volufil Multicone	Hilo contaminado	Afectación a la imagen de calidad del producto final.	6	Máquina sucia (pelusa, grasa, polvo)	5	Supervisión por parte del área de calidad	3	90
		Rechazo por parte del cliente o retrabajo	7	Contacto con manos sucias	4	Supervisión por parte del área de calidad	3	84
			7	Falta de limpieza programada	6	Supervisión por parte del área de calidad	3	126
	Cabezal sin funcionar	Falta de producción	7	Falla en la caja de engranes	6	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	126
		Tiempos muertos	7	Problema eléctrico del cabezal	4	Inspección visual del hilo y conos por el operador	3	84
	Horno no caliente	Incremento en el tiempo de ciclo	3	Resistencia dañada	4	Inspección visual conjunta realizada por técnico de mantenimiento	4	48
		Hilo sin tratamiento térmico	5	Sensor de temperatura fallando	4	Inspección visual conjunta realizada por técnico de mantenimiento	4	80
		Retrabajo o desperdicio	3	Configuración incorrecta	7	Inspección visual conjunta realizada por técnico de mantenimiento	4	84

Tabla 3 AMEF Volufil Multicone Savio. Elaboración propia (2025).

Se elaboró un diagrama de Pareto con el objetivo de analizar las principales causas de las fallas que presenta la máquina Volufil. A través de este análisis, se identificaron los puntos críticos donde se concentra la mayor parte de los problemas operativos, lo que permitió enfocar las acciones correctivas en las causas más relevantes. Esta estrategia contribuyó a mejorar la calidad del hilo procesado, reducir tiempos de parada y optimizar el rendimiento general de la máquina, fortaleciendo así la confiabilidad del proceso productivo.



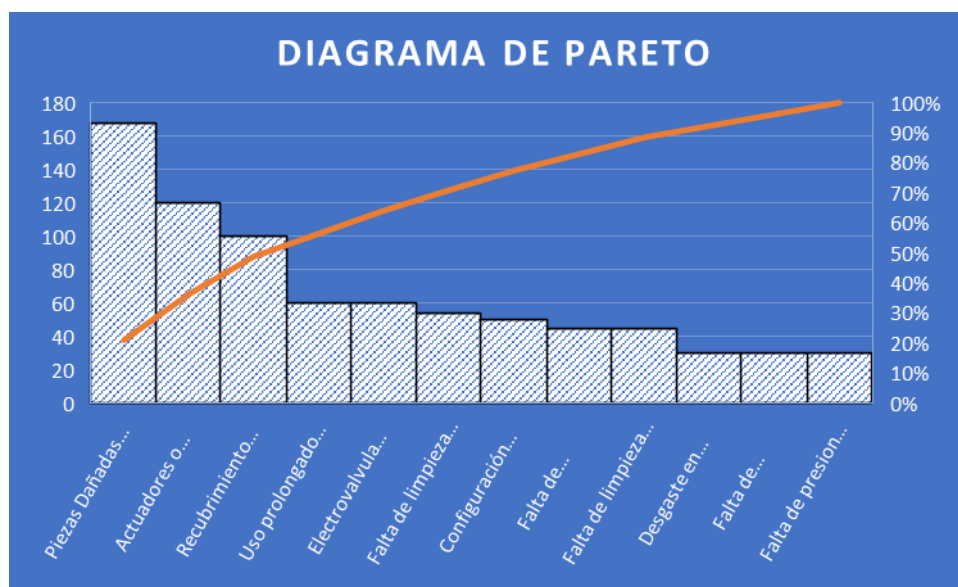
Grafica 2 Diagrama de Pareto Volufil. Elaboración propia (2025).

Maquina Estiradores Cognetex

Maquina	Modos de fallo	Efecto del fallo	Severidad (S)	Causa	Ocurrencia (O)	Controles actuales	Detección (D)	NPR
Estirador Cognetex	Mecha con peso por metro fuera de especificación	El hilo final presenta variaciones de título, afectando procesos posteriores como el conado	5	Configuración incorrecta de engranes o velocidad.	5	Supervisión por parte del área de calidad	2	50
		Aumento de desperdicio por reproceso.	3	Desgaste en rodillos de tracción.	5	Supervisión por parte del área de calidad	2	30
				Falta de mantenimiento preventivo.	5	Supervisión aleatoria por parte del área de calidad	2	30
	Desgaste en rodillos de estirador	Mecha con grosor irregular.	4	Uso prolongado sin reemplazo	5	Inspección visual por el operador	3	60
		Roturas frecuentes en procesos posteriores.	6	Piezas Dañadas (Rodamientos, flecha)	7	Inspección visual por el operador	4	168
		Formación de zonas delgadas o débiles.	5	Recubrimiento de cuero desgastado en rodillo	5	Inspección visual por el operador	4	100
	Contaminación del hilo (pelusa, grasa, polvo)	Hilo con manchas o impurezas visibles.	6	Falta de limpieza de peines	3	Limpieza ocasional por operador.	3	54
		Aumento de desperdicio por limpieza o corte.	5	Falta de mantimientto preventivo	3	Limpieza ocasional por operador.	3	45
			5	Falta de limpieza de la maquina en general	3	Limpieza ocasional por operador.	3	45
	Falta de presión en rodillos	Mecha mal estirada o sin elongación adecuada.	5	Actuadores o Pistones Dañados	4	Revisión visual durante el arranque.	6	120
		Inestabilidad en el arrastre de la mecha.	5	Electrovalvula Dañada	2	Revisión visual durante el arranque.	6	60
			5	Falta de presion a la maquina	2	Revisión visual durante el arranque.	3	30

Tabla 4 Tabla AMEF para maquina Estirador Cognetex. Elaboración propia (2025).

A partir de la tabla AMEF elaborada, se decidió representar gráficamente los datos mediante un Diagrama de Pareto, con el objetivo de identificar visualmente los modos de falla que presentan el mayor Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Esta herramienta permitirá observar qué máquina o componente concentra las causas más críticas dentro del proceso, y así enfocar los esfuerzos correctivos y preventivos en los puntos más vulnerables.



Grafica 3 Diagrama de Pareto – Estiradores. Elaboración propia (2025).

Metodología de mantenimiento preventivo implementada en la planta

TPM (Mantenimiento Productivo Total)

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) se eligió como metodología en este proyecto debido a la necesidad de involucrar directamente a operadores y mecánicos en las tareas básicas de mantenimiento. En el área de hilatura, donde las fallas recurrentes afectan la calidad del hilo y generan paros no programados, resulta esencial fomentar una cultura de prevención que permita detectar anomalías de manera temprana y reducir tiempos muertos. El TPM ofrece un enfoque práctico y participativo que fortalece las competencias del personal, promueve la responsabilidad compartida sobre el estado de los equipos y asegura la continuidad operativa mediante acciones simples como la limpieza periódica, la revisión antes del arranque y la estandarización de buenas prácticas.

Mantenimiento Autónomo																											
ITEM	PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	Días																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Limpieza diaria de cabezales	Limpieza de cada una de las partes y verificar que no esten dañados.	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Limpieza de tensores de hilo.	Sopletear la borra acumulada en los tensores, especialmente durante el cambio de color, para evitar contaminación del hilo y asegurar tensión uniforme.	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Verificación del carro viajero en modo automático	Confirmar que el carro viajero esté configurado en modo automático para realizar la limpieza periódica de residuos de borra, manteniendo la máquina libre de obstrucciones.	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Inspección visual de los husos	Revisar que todos los husos funcionen correctamente. Reportar de inmediato cualquier anomalía como husos detenidos	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Antirrizos	Verificar que en cada cabezal el antirizos este conectado y que este funcionando correctamente.	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	Presion Correcta	Verificar que la precion de la maquina este en 4 PA, de lo contrario reportar a taller .	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Monitoreo del motor de aspiración	Escuchar y detectar ruidos anormales después del arranque. Verificar que no presente calentamiento excesivo ni rechinidos en las bandas.	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	Empalmadores	Revisar que todos los empalmadores esten funcionando correctamente	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	Limpieza de la zona de bobinado	Retirar polvo, pelusa y restos de hilo de la zona de bobinado.	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	Revisión de aspiración	Verificar que el cabezal succiona correctamente restos de hilo.	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	Chequeo de cortadores automáticos (Purgadores)	Probar que corten el hilo al detectar defectos.	SEMANAL	P	✓																						
				R	✓						✓									✓							✓
12	Revisión de tapas de seguridad	Confirmar que estén cerradas y en buen estado.	SEMANAL	P	✓																						
				R	✓						✓									✓							✓
13	Revisión de botones	Probar que funcionen correctamente.	MENSUAL	P	✓																						
				R	✓																						
14	Registro en bitácora	Anotar limpiezas y revisiones realizadas.	DIARIO	P																							
				R	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓

Tabla 5 Cronograma de mantenimiento autónomo Conera 1 . Elaboración propia, adaptado de Salazar López (2019).

Mantenimiento Preventivo				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo									
ITEM	PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	P	1	2	3	4	P	1	2	3	4	P	1	2	3	4	P	1	2	3	4	P	1	2	3	4					
1	Engrasar el motor de aspiracion	Engrasar con graserá según especificación del fabricante	15 DIAS	P					R																								
				R	✓		✓			✓		✓																					
2	Motor de aspiración (bandas)	Revisar desgaste y tensión; reemplazar antes de cortes o ruidos anormales	SEMESTRAL	P					R																								
				R		✓																											
3	Mangueras de aire comprimido	Inspección visual de fugas en conexiones, usos y cabezales	15 DIAS	P					R																								
				R	✓		✓			✓		✓																					
	Empalmadores	Engrasar, limpiar residuos de borra y remplazar algun componente desgastado	15 DIAS	P					R																								
				R		✓		✓		✓		✓																					
4	Boquillas de aspiracion	Controlar el estado de limpieza de las boquillas de aspiracion del hilo de las husadas, de ser necesario,desmontarlas,limpiarlas con agua y jabon y, por ultimo enjuagarlas con buena cantidad de agua	4 MESES	P					R																								
				R	✓																												
5	Contrapuntas (rodamientos)	Verificar estado del rodamiento interno; reemplazar si hay daño o ruido	5 MESES	P					R																								
				R			✓																										
6	Caja de engranes	Limpiar los organos alojados en la caja de engranes con aire comprimido, limpiar y lubricar la cadena.	SEMESTRAL	P					R																								
				R	✓																												
7	Plato portahusadas	Desmontar el plato portahusadas y limpiarlo cuidadosamente por dentro	5 MESES	P					R																								
				R	✓																												
8	Parafinador	Limpiar cuidadosamente todos los organos que preseten depositos de parafina; de ser necesario,realizar esta operación con mayor frecuencia	BIMESTRAL	P					R																								
				R		✓																											
9	Antirrizos	Revisar que las bobinas de los antririsos esten en buen estado "17 ohms" y que sus mecanismos funcionen correctamente	MENSUAL	P					R																								
				R			✓				✓																						
10	Revisión del sistema neumático	Verificar presión y fugas.	TRIMESTRAL	P					R																								
				R			✓																										
	MANTENIMIENTO COMPLETO A CABEZALES				Enero					Febrero					Marzo					Abril					Mayo					Junio			
					1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4					
11	Inspección de engranajes	Revisar desgaste y lubricar.	SEMESTRAL	P					R																								
				R																													
12	Limpieza interna de ductos de aspiración	Retirar acumulación de fibras y suciedad con un poco de agua y jabon,para posteriormente secar con un trapo	SEMESTRAL	P					R																								
				R																													
13	Lubricación de rodamientos principales	Aplicar grasa/lubricante según manual.	SEMESTRAL	P					R																								
				R																													
14	Lubricación de husillos y ejes	Engrasar puntos de movimiento.	SEMESTRAL	P					R																								
				R																													
15	Revisión de correas y cadenas de transmisión	Inspeccionar desgaste y tensión.	SEMESTRAL	P					R																								
				R																													
16	Verificación del sistema eléctrico	Revisar conexiones, fusibles y cableado.	SEMESTRAL	P					R																								
				R																													
17	Revisión de motores	Medir consumo y correcto funcionamiento	SEMESTRAL	P					R																								
				R																													
18	Verificación de botones de emergencia	Probar funcionamiento.	SEMESTRAL	P					R																								
				R																													
19	Inspección y mantenimiento de excéntricos	Revisar visualmente el estado de los excéntricos para detectar desgaste, fisuras o desalineación; comprobar que estén bien lubricados y sin holguras en sus fijaciones. En caso de desgaste significativo, sustituirlos para mantener la precisión del movimiento en el bobinado.	SEMESTRAL	P					R																								
				R																													

Tabla 6 Cronograma de mantenimiento preventivo Conera 1. Elaboración Propia (2025)

Registro de mantenimiento Preventivo Y Correctivo

Título del procedimiento	Objetivo	Frecuencia	Duración estimada	Personal	Materiales	Herramientas necesarias
Mantenimiento preventivo se cambió de banda de transmisión de los peines de Estirador Sant' Andrea. Línea 3 del paso 2	Realizar el reemplazo preventivo de la banda de transmisión de los peines del estirador, garantizando un estirado uniforme y continuo del material, evitando fallas operativas y asegurando la calidad del proceso de hilatura.	2 meses	30 minutos	2 mecánicos	Banda 300 H – 275DS	Llave 19 española
Mantenimiento preventivo se cambió un rodamiento a rodillo del estirador Cognetex. Línea 2 del paso 1	Realizar el mantenimiento preventivo en el estirador Cognetex Línea 2, mediante el cambio del rodamiento a rodillo en el paso 1, asegurando el buen funcionamiento del equipo y evitando fallas que afecten la producción.	3 meses	30 minutos	1 mecánico	Rodamiento NKIS25-XL	Pinzas quita seguros omega
Mantenimiento preventivo se cambió válvula. Conera 11 del uso 19	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio de la válvula en la Conera 11 del uso 19, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento del sistema, prevenir fallas y garantizar la continuidad operativa del proceso productivo.	Anual	20 minutos	2 mecánicos	válvula 14820	Llave española 8 y Allen 4
Mantenimiento preventivo se cambió de Correas para el grupo de distribución. Volufil 3, Uso 10	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio de correas en el grupo de distribución de la máquina Volufil 3, uso 10, con el fin de garantizar el buen funcionamiento en la salida del hilo y asegurar la continuidad del proceso productivo.	6 meses	15 minutos	1 mecánico	Correa para Volufil	Matraca, extensión dados 17 y 19 mm, llave 10 española y desarmador de cruz.
Mantenimiento preventivo se cambió de bandas a motor de aspiración de la conera 5	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio de bandas en el motor de aspiración de la Conera 5, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento	6 meses	15 minutos	1 mecánico	Banda 3v-670	Desarmador Plano y matraca con dado 17 mm

Mantenimiento preventivo se cambió de rodamiento para la caja de engranes de Volufil 1 Uso 5	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio de correas en el grupo de distribución de la máquina Volufil 3, uso 10, con el fin de asegurar la correcta distribución del hilo y evitar que se atore en el grupo distribuidor, garantizando así la continuidad del proceso productivo.	3 meses	2 horas	1 mecánico	Rodamiento 626	
Mantenimiento preventivo se cambió sensor foto eléctrico Volufil 1 Uso 4	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio del sensor, con el fin de asegurar que el hilo avance a la velocidad correcta, se distribuya de manera adecuada y se frene oportunamente cuando comience a acumularse.	Anual	40 minutos	1 mecánico	Panasonic Cx-491 -P	Desarmador de cruz, pinzas, cinta de aislar y llave española 8.
Mantenimiento preventivo se cambió Sonda de temperatura Volufil 2 Uso 9 y 10	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio de la sonda de temperatura, con el fin de asegurar lecturas correctas, evitar que el horno se enfríe o se sobrecaliente y garantizar la continuidad segura del proceso productivo.	6 meses	30 minutos	1 mecánico	Sonda de temperatura X7	Llave española 17
Mantenimiento preventivo se cambió Sonda de temperatura Volufil 3 Uso 41	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio de la sonda de temperatura, con el fin de asegurar lecturas correctas, evitar que el horno se enfríe o se sobrecaliente y garantizar la continuidad segura del proceso productivo.	6 meses	30 minutos	1 mecánico	Sonda de temperatura X7	Llave española 17
Mantenimiento preventivo se cambió Sonda de temperatura Volufil 1 Uso 15	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio de la sonda de temperatura, con el fin de asegurar lecturas correctas, evitar que el horno se enfríe o se sobrecaliente y garantizar la continuidad segura del proceso productivo.	6 meses	30 minutos	1 mecánico	Sonda de temperatura X8	Llave española 17

Mantenimiento preventivo se cambió Sonda de temperatura Volufil 3 Uso 31	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio de la sonda de temperatura, con el fin de asegurar lecturas correctas, evitar que el horno se enfríe o se sobrecaliente y garantizar la continuidad segura del proceso productivo.	6 meses	30 minutos	1 mecánico	Sonda de temperatura X7	Llave española 17
Mantenimiento preventivo se cambió Sonda de temperatura Volufil 3 Uso 31	Realizar el mantenimiento preventivo mediante el cambio de la sonda de temperatura, con el fin de asegurar lecturas correctas, evitar que el horno se enfríe o se sobrecaliente y garantizar la continuidad segura del proceso productivo.	6 meses	30 minutos	1 mecánico	Sonda de temperatura X8	Llave española 17

Tabla 7 Registro de mantenimiento preventivo y correctivo. Elaboración propia, adaptado de [CMMShere, 2025]

Inventario de Mantenimiento

Nombre del ítem	Descripción del material	Existencia actual	Stock mínimo	Unidades del ítem	Herramientas
Banda 3V670	Bandas de transmisión: Tres bandas instaladas en la polea del motor de ventilación de las coneras.	5	3	Pieza	Llave 30 española Matraca Extensión Dado 19 mm
Rodamientos 6309	Rodamientos: Destinados al motor de ventilación, específicamente en el apoyo del eje del rotor para asegurar un giro estable y eficiente.	4	3	Pieza	Allen 5 mm, extractor y pinzas quita seguros
Rodamientos 6209	Rodamientos: Destinados al motor de ventilación, específicamente en el apoyo del eje del rotor para asegurar un giro estable y eficiente.	4	3	Pieza	Allen 5 mm, extractor y pinzas quita seguros
Banda 225L	Banda: Ubicada en el grupo de distribución de la conera, responsable de accionar el ciclo del empalmador.	5	3	Pieza	Lave 8 española
Rodamientos 6005	Rodamiento: 1 Ubicado en el cilindro de cada cabezal de la conera, responsables de dar correcta forma al cono y asegurar que el cilindro enrede los conos de manera uniforme sin cruzar los hilos.	13	5	Pieza	Pinzas quita seguros, Botador, Allen 5 mm, española 19 , Desarmador plano y martillo
Rodamientos 6201	Rodamiento: 1 Ubicado en el cilindro de cada cabezal de la conera, responsables de dar correcta forma al cono y asegurar que el cilindro enrede los conos de manera uniforme sin cruzar los hilos.	18	5	Pieza	Pinzas quita seguros, Botador, Allen 5 mm, española 19 , Desarmador plano y martillo
Rodamiento 627	Rodamientos: 1 ubicado en la contrapunta del brazo portabobinas de cada cabezal de la conera, responsable de garantizar el giro correcto de la bobina o cono en la máquina Conera.	5	3	Pieza	Botador, martillo, Allen 5 mm y martillo
Banda 6362GS	Banda utilizada para el ventilador de la Volufil	4	3	Pieza	Lave 10 mm española

Rodamientos 609	Rodamientos: 12 unidades destinadas a la caja de engranes del grupo distribuidor de cada cabezal de la máquina Volufil.	16	12	Pieza	Extractor, Pinzas quita seguros Omega, desarmadores de cruz, llave 10 española
Rodamiento 6205	Rodamientos: 1 unidad destinada a la caja de engranes del grupo distribuidor de cada cabezal de la máquina Volufil.	13	4	Pieza	Extractor, Pinzas quita seguros Omega, desarmadores de cruz, llave 10 española
Rodamiento 6206	Rodamientos: 1 unidad destinada a la caja de engranes del grupo distribuidor de cada cabezal de la máquina Volufil.	6	4	Pieza	Extractor, Pinzas quita seguros Omega, desarmadores de cruz, llave 10 española
Rodamiento 6208	Rodamientos: 1 unidad destinada a la caja de engranes del grupo distribuidor de cada cabezal de la máquina Volufil.	15	4	Pieza	Extractor, Pinzas quita seguros Omega, desarmadores de cruz, llave 10 española
Rodamiento 6007	Rodamientos: 1 unidad destinada a la caja de engranes del grupo distribuidor de cada cabezal de la máquina Volufil.	8	4	Pieza	Extractor, Pinzas quita seguros Omega, desarmadores de cruz, llave 10 española
Corona de transmisión (31 dientes)	1 corona de transmisión de movimiento en el sistema de engranes del grupo distribuidor de cada cabezal de la máquina Volufil.	5	3	Pieza	Extractor, Pinzas quita seguros Omega, desarmadores de cruz, llave 10 española.

Banda T10 1650	Banda de transmisión: utilizada para accionar el movimiento de los peines y el coiler de los estiradores.	4	4	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda T10 2650	Banda de transmisión: utilizada para accionar el sistema de transmisión del girabotes en los estiradores.	2	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda T5 1215	Bandas de transmisión: destinadas a proporcionar el movimiento general de la máquina, asegurando la correcta operación de sus sistemas y mecanismos principales.	2	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda T5 840	Bandas de transmisión: destinadas a proporcionar el movimiento general de la máquina, asegurando la correcta operación de sus sistemas y mecanismos principales.	3	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda T10 1400	Bandas de transmisión: destinadas a proporcionar el movimiento general de la máquina, asegurando la correcta operación de sus sistemas y mecanismos principales.	2	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda AT10 1400	Bandas de transmisión: destinadas a proporcionar el movimiento general de la máquina, asegurando la correcta operación de sus sistemas y mecanismos principales.	3	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda T10 1010	Bandas de transmisión: destinadas a proporcionar el movimiento general de la máquina, asegurando la correcta operación de sus sistemas y mecanismos principales.	3	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda T10 1210	Bandas de transmisión: destinadas a proporcionar el movimiento general de la máquina, asegurando la correcta operación de sus sistemas y mecanismos principales.	2	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda T5 1050	Bandas de transmisión: destinadas a proporcionar el movimiento general de la máquina, asegurando la correcta operación de sus sistemas y mecanismos principales.	2	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda T5 455	Bandas de transmisión: destinadas a proporcionar el movimiento general de la máquina, asegurando la correcta operación de sus sistemas y mecanismos principales.	3	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm
Banda 28PN1943	Banda de transmisión principal: ubicada en el motor del estirador, responsable de transferir la potencia hacia el sistema de engranes, los cuales a su vez accionan las demás bandas que garantizan el funcionamiento integral de la máquina.	5	3	Pieza	19,24 y 32 Española, Allen 5,6,8 mm

Tabla 8 Inventario de Mantenimiento. Elaboración propia, adaptado de [CMMShere, 2025].

Guía técnica de mantenimiento por máquina

Como parte fundamental del proyecto, se elaboraron guías técnicas de mantenimiento individualizadas para cada una de las máquinas involucradas: Conera Savio, Volufil Multicone y Estirador Cognetex. El objetivo principal fue facilitar al personal operativo la ejecución correcta de las rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo, sin necesidad de consultar manuales extensos o realizar búsquedas complejas.

Cada guía fue diseñada para simplificar la información técnica, presentando los puntos clave de mantenimiento, el método de ejecución y los aspectos que deben ser reportados. Esta estructura permite que el operario tenga acceso directo y rápido a las instrucciones desde su área de trabajo, promoviendo así una mayor eficiencia, autonomía y reducción de errores durante el proceso.

Además, se priorizó que el contenido fuera claro, visual y adaptado al entorno real de la fábrica, tomando en cuenta las condiciones específicas de cada máquina y las observaciones del personal técnico. Esta estrategia contribuye no solo a mejorar el estado de los equipos, sino también a fortalecer la cultura de mantenimiento dentro de la organización.

	Mantenimiento Preventivo Y Correctivo
PLANTA 3	Mantenimiento Autónomo

Maquina: Conera Espero	Operario: Operador en turno	Área: Hilatura
-------------------------------	------------------------------------	-----------------------

1.- Limpieza de la máquina	Método	A reportar	2.- Revisión de Purgadores	Método	A reportar
	Soplear con aire comprimido las zonas de trabajo, especialmente cabezales y sensores, para evitar acumulación de borra.	Secciones con exceso de borra que requieran herramienta o limpieza profunda.		Verificar que estén activos, limpios y sin obstrucciones. Limpiar con alambre cuidadosamente si es necesario.	Purgadores que no detectan hilo o que presentan fallas de lectura.
3.- Verificación del Plato portahusadas	Método	A reportar	4.- Inspección de cabezales	Método	A reportar
	Comprobar que las canillas estén bien colocadas y que el sistema gire sin trabas.	Canillas mal posicionadas, trabas mecánicas o giro irregular.		Revisar que estén limpios, alineados y funcionando correctamente.	Cabezal detenido, desalineado o con desgaste visible.
5.- Revisión del panel de control	Método	A reportar	6.- Verificación de bocas de aspiración	Método	A reportar
	Encender la máquina y verificar que los botones, luces y funciones respondan correctamente. También revisar que la presión esté dentro del rango adecuado (4 Pa), ya que es clave para el buen funcionamiento de la máquina.	Botones que no funcionan, errores en pantalla o apagones repentinos.		Revisa que cada boquilla esté limpia, sin borra acumulada y que cierre correctamente al no estar en uso. Antes de encender la máquina, coloca la mano cerca de cada boquilla para asegurarte de que no esté aspirando sin necesidad.	Boquillas abiertas con borra dentro o que no cierran bien, especialmente si afectan varios cabezales.
7.- Inspección del motor de aspiración	Método	A reportar	8.- Activación del carro viajero	Método	A reportar
	Verifica que el motor esté funcionando sin ruidos extraños, que no esté caliente y que las correas estén en buen estado.	Olor a quemado, vibraciones, correas flojas o temperatura elevada en el motor.		Encender el carro viajero antes de iniciar la máquina para que recorra todas las cabezas y realice la limpieza automática de tensores, empalmadores, portabobinas y zona de descarga.	Cabezas que no se limpian correctamente, fallas en el recorrido del carro o acumulación de borra tras el paso.

Tabla 9 Guía técnica de mantenimiento autónomo Conera Espero. Elaboración Propia (2025)

	Mantenimiento Preventivo Y Correctivo
PLANTA 3	Mantenimiento Autónomo

Maquina: Volufil Multicone	Operario: Operador en turno	Área: Hilatura
-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------

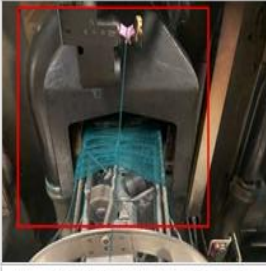
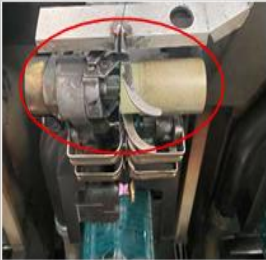
1.- Limpieza general con aire comprimido	Método	A reportar	2.- Inspección visual de mecanismos	Método	A reportar
	Sopletear tensores, cabezales, porta bobinas y zona de descarga para eliminar borra acumulada.	Zonas con exceso de borra que impidan el paso del hilo o la salida de conos		Revisar sensores, fotoceldas, horno, cabezales y sistema de salida. Detectar piezas sueltas, cables desconectados o fallas visibles.	Componentes que no encienden, están desalineados o presentan desgaste.
3.- Revisión de cabezales térmicos (Hornos)	Método	A reportar	4.- Limpieza de zona de descarga	Método	A reportar
	Encender brevemente cada cabezal para verificar que caliente correctamente y no presenta fallas eléctricas.	Cabezal que no calienta, se apaga o genera olor a quemado.		Retirar residuos y borra acumulada en la salida de conos para evitar contaminación del hilo.	Conos deformados, bloqueos o acumulación excesiva de hilo.
5.- Revisión del panel de control	Método	A reportar	6.- Limpieza en cambio de color	Método	A reportar
	Encender la máquina y comprobar que botones, luces y funciones respondan correctamente.	Botones que no funcionan, errores en pantalla o apagones repentinos.		Al realizar un cambio de color, limpiar tensores de hilo, brazo portabobinas y banda de descarga para evitar mezcla de colores y acumulación de borra.	Restos de hilo viejo, suciedad excesiva o zonas que requieran limpieza profunda.
7.- Verificación del sistema de parafina	Método	A reportar	8.- Activación del carro de mudada	Método	A reportar
	Observar que el hilo haga contacto correcto con el parafinador y que haya suficiente parafina. Reemplazarla cuando se termine.	Hilo sin parafina, contacto deficiente.		Activar el carro viajero asegurarse de tenerlo en modo automático para limpiar cabezales, tensores, portabobinas y zona de descarga, evitando acumulación excesiva de borra.	Cabezas que no se limpian correctamente, fallas en el recorrido del carro o acumulación persistente.

Tabla 10 Guía técnica de mantenimiento autónomo Volufil Multicone. Elaboración Propia (2025)

	Mantenimiento Preventivo Y Correctivo
PLANTA 3	Mantenimiento Autónomo

Maquina: Estirador Cognetex	Operario: Operador en turno	Área: Hilatura
------------------------------------	------------------------------------	-----------------------

1.- Limpieza general con aire comprimido	Método	A reportar	2.- Inspección visual de rodillos	Método	A reportar
	Sopletear rodillos, sensores, bandas y zonas para eliminar borra acumulada.	Borra excesiva que impida el paso de la mecha o afecte el estirado.		Verificar que giren libremente, sin desgaste ni residuos.	Rodillos trabados, desalineados o con marcas visibles.
3.- Lubricación de componentes móviles	Método	A reportar	4.- Revisión de sensores de tensión	Método	A reportar
	Aplicar lubricante autorizado en ejes, poleas y mecanismos, o en su respectivo deposito.	Ruidos metálicos, fricción excesiva o piezas secas.		Verificar que estén activos para asegurar un estirado uniforme.	Que no funcionen
5.- Verificación del panel de control	Método	A reportar	6.- Ajuste de bandas de transmisión	Método	A reportar
	Encender la máquina y comprobar que botones y funciones respondan correctamente.	Máquina que no funciona, o alarmas en la misma.		Revisar que estén tensas, alineadas y sin desgaste.	Bandas flojas, deshilachadas o que patinan al girar.
7.- Revisión del sistema de alimentación	Método	A reportar	8.- Limpieza en cambio de tipo de fibra	Método	A reportar
	Verificar que la mecha entre correctamente, sin torceduras ni obstrucciones.	Mecha que se rompe, se enreda o no avanza de forma continua.		Al cambiar de tipo de fibra, limpiar rodillos, peines y zona de alimentación para evitar mezcla o contaminación.	Restos de fibra anterior, suciedad excesiva o zonas que requieran limpieza profunda.

Tabla 11 Guía técnica de mantenimiento autónomo Estirador Cognetex. Elaboración Propia (2025)

Folletos Informativos de Mantenimiento

Como complemento al manual técnico, se elaboraron folletos informativos con el propósito de reforzar la cultura de mantenimiento dentro de la empresa. Estos materiales fueron diseñados para ser entregados tanto al personal operativo actual, como a nuevos integrantes que comienzan a trabajar con las máquinas.

El objetivo principal de los folletos es difundir de manera clara y accesible la importancia del mantenimiento preventivo, así como los puntos clave que cada operario debe conocer: funcionamiento básico de la máquina, acciones de mantenimiento rutinario, y aspectos que deben ser reportados en caso de anomalías.

Cada folleto está adaptado a una máquina específica, lo que permite que el contenido sea directo, útil y fácil de consultar desde el área de trabajo. Esta estrategia busca que el personal tenga una referencia rápida que les ayude a actuar con mayor responsabilidad y precisión, reduciendo fallas y mejorando el desempeño de los equipos.





¿SABÍAS QUE...?



San Rafael
ECO-INDUSTRIAS



Area Hilatura

MANTENIMIENTO

PREVENTIVO

Estiradores Cognetex

“El hilo perfecto comienza con un buen estirado”

PROBLEMAS A REPORTAR

- Rodillos que no giran o se traban Indican desgaste, falta de lubricación o problemas mecánicos que afectan el estirado.
- Ruidos metálicos o vibraciones excesivas Señal de desajuste, piezas sueltas o fricción anormal en el sistema.
- Paro inesperado durante el estirado Puede deberse a fallas eléctricas, sensores o sobrecarga del equipo.
- Mecha con grosor irregular Suele ser causado por tensión incorrecta, rodillos mal alineados o fibra mal alimentada.
- Fallas en el panel de control Botones que no responden, errores en pantalla o apagones deben ser revisados.
- Olor a quemado o sobrecalentamiento Indica riesgo eléctrico o térmico; se debe detener la máquina y reportar de inmediato.

- Un rodillo mal lubricado puede romper la fibra y generar hilo defectuoso.
- La alineación de poleas influye directamente en la tensión del hilo.
- El 80% de los problemas de estirado se detectan visualmente antes del encendido.
- Sensores limpios garantizan un estirado uniforme y sin interrupciones.
- Un mantenimiento semanal puede duplicar la vida útil de los componentes móviles.



ESTIRADOR

COGNETEX

Función Principal: Los estiradores alargan la fibra para formar hilo uniforme, usando rodillos sincronizados.

Características:

- Estiran la mecha en varias etapas
- Controlan tensión y velocidad
- Trabajan con sensores y transmisión mecánica
- Clave para la calidad del hilo

RUTINAS DE MANTENIMIENTO



LIMPIEZA DIARIA

Sopletear con aire comprimido las zonas de acumulación de borra: bandejas, transmisiones, ventiladores, y cubiertas. Limpiar con paño seco los sensores y partes visibles. Asegurar que no queden residuos que afecten el funcionamiento.



INSPECCION DE MAQUINARIA

Revisar el estado de rodillos, engranes, sensores y correas. Verificar que no haya piezas flojas, desgaste excesivo o residuos que puedan interferir con la operación. Reportar cualquier anomalía.



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Encender la máquina y verificar que todos los sistemas trabajen correctamente: sensores, rodillos, transmisión y alarmas. Escuchar ruidos anormales y observar movimientos irregulares. Detener y reportar si se detecta alguna falla.

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL



GUANTES RESISTENTES

Protegen las manos contra cortes, quemaduras y contacto con superficies calientes o filosas.



GUANTES RESISTENTES

Evitan lesiones oculares por partículas, polvo, borra o salpicaduras durante la operación o mantenimiento.



TAPONES AUDITIVOS

Reducen el impacto del ruido constante de las máquinas, cuidando la salud auditiva del operador.



Ilustración 9 Folletos Mantenimiento (Elaboración Propia)

Capítulo 4: Resultados

12. Resultados.

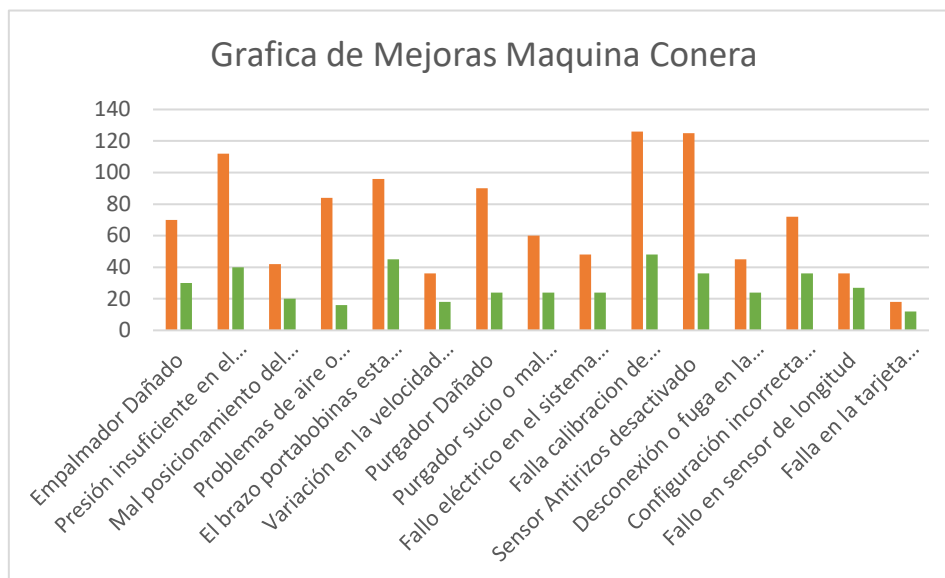
Acciones de Mejora AMEF

Conera 1

Una vez identificadas las causas principales, se procedió a proponer acciones de mejora dentro del AMEF de la máquina conera. El objetivo fue programar y ejecutar mantenimiento preventivo en las máquinas que presentan mayor incidencia de fallas, con el fin de reducir paros, mejorar la calidad del proceso y aumentar la confiabilidad del equipo.

Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	NPR	Acciones	S	O	D	NPR
7	5	2	70	Mantenimiento Correctivo	5	3	2	30
7	4	4	112	Mantenimiento Preventivo	5	2	4	40
7	3	2	42	Mantenimiento preventivo y correctivo	5	2	2	20
6	7	2	84	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	2	2	16
6	4	4	96	Mantenimiento preventivo y correctivo	5	3	3	45
4	3	3	36	Mantenimiento preventivo y correctivo	3	3	2	18
5	6	3	90	Mantenimiento Correctivo	4	3	2	24
4	5	3	60	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	3	2	24
4	4	3	48	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	3	2	24
6	7	3	126	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	4	3	48
5	5	5	125	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	3	3	36
5	3	3	45	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	2	3	24
4	6	3	72	Revisión de configuración por supervisor antes de arranque	4	3	3	36
3	4	3	36	Mantenimiento preventivo y correctivo	3	3	3	27
2	3	3	18	Mantenimiento preventivo y correctivo	2	2	3	12

Tabla 12 AMEF Resultado de Acciones Maquina Conera 1. Elaboracion Propia (2025)



Grafica 4 Resultados de acciones. Elaboración propia (2025).

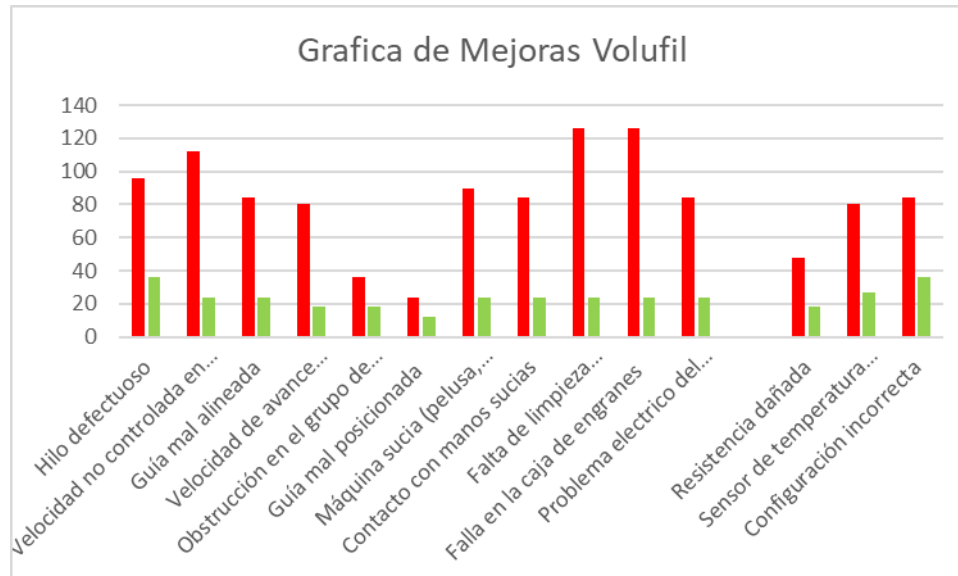
Como se aprecia en la gráfica, las acciones implementadas permitieron reducir significativamente el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) en la mayoría de los casos. En particular, el NPR más elevado al inicio del análisis mostró una disminución superior al 50%, evidenciando la efectividad de las medidas aplicadas y el mejor desempeño general del sistema.

Volufil 1

Como se observa en el gráfico de Pareto, se analizaron los datos obtenidos en la tabla, los cuales muestran que las fallas más significativas en la máquina Volufil se deben principalmente a la falta de limpieza programada y a fallas en la caja de engranes. Una vez identificadas estas causas prioritarias, se procedió a proponer acciones de mejora dentro del AMEF correspondiente a la máquina Volufil. El objetivo fue establecer rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo enfocadas en los puntos críticos, con el fin de reducir paros no programados, mejorar la calidad del hilo procesado y aumentar la confiabilidad operativa del equipo.

Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	NPR	Acciones	S	O	D	NPR
6	4	4	96	Revisión de parámetros en procesos anteriores	4	3	3	36
7	4	4	112	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	2	3	24
	4	3	84	Mantenimiento preventivo	4	2	3	24
4	4	5	80	Mantenimiento preventivo y correctivo	3	3	2	18
3	4	3	36	Mantenimiento preventivo y correctivo	3	3	2	18
2	4	3	24	Mantenimiento preventivo y correctivo	2	2	3	12
6	5	3	90	Mantenimiento preventivo	4	3	2	24
7	4	3	84	Mantenimiento preventivo	4	2	3	24
7	6	3	126	Mantenimiento preventivo	4	2	3	24
7	6	3	126	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	3	2	24
7	4	3	84	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	3	2	24
3	4	4	48	Mantenimiento Correctivo	3	2	3	18
5	4	4	80	Mantenimiento preventivo y correctivo	3	3	3	27
3	7	4	84	Verificar y documentar los parámetros de configuración estándar antes de iniciar el proceso	3	4	3	36

Tabla 14 AMEF Resultado de acciones de maquina Volufil 1. Elaboración propia (2025).



Grafica 5 Mejoras Volufil. Elaboración propia (2025).

Tras aplicar acciones correctivas y preventivas en los puntos críticos identificados en el análisis AMEF de la máquina Volufil, se observaron mejoras notables en los valores de NPR. Las causas con mayor riesgo inicial, como falta de limpieza (NPR 126), velocidad no controlada en la etapa de salida del hilo (NPR 112) y falla en la caja de engranajes (NPR 126), fueron abordadas mediante ajustes en mantenimiento preventivo, estandarización de parámetros y capacitación técnica.

Gracias a estas intervenciones, se logró disminuir el NPR en las causas más relevantes, lo que se traduce en una reducción superior al 55% del total de fallas analizadas inicialmente. Además, causas como configuración incorrecta, sensor de temperatura dañado y guías mal posicionadas también mostraron mejoras al implementar controles de calidad más estrictos y validaciones en el arranque.

Este resultado refleja el impacto positivo de aplicar el enfoque AMEF de forma sistemática, permitiendo priorizar recursos, mejorar la confiabilidad del equipo y optimizar el desempeño general del proceso en la Volufil. El análisis comparativo evidencia que la estrategia adoptada no solo redujo paros y defectos, sino que también fortaleció la cultura de mejora continua en el área de mantenimiento.

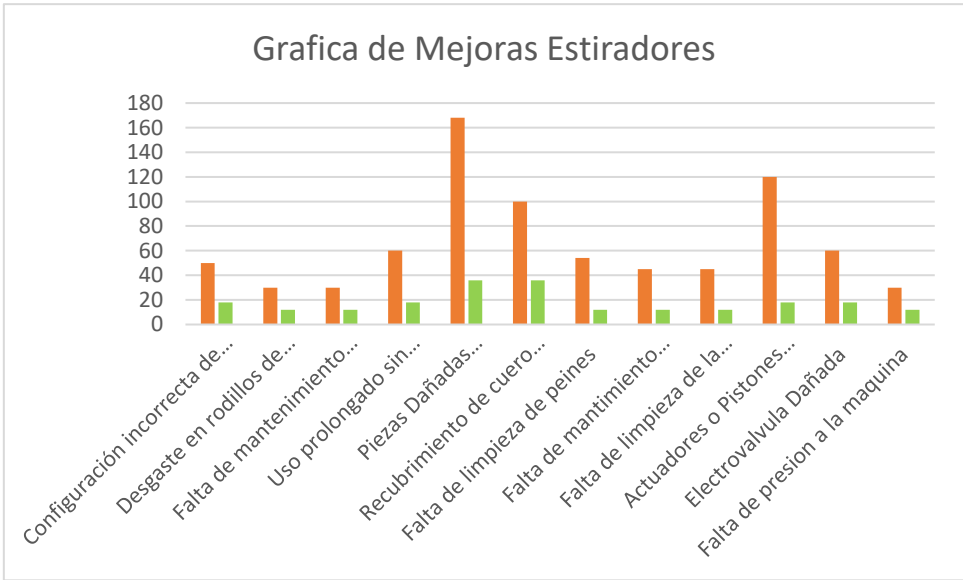
Estiradores

El Diagrama de Pareto permitió identificar que la causa con mayor Número de Prioridad de Riesgo (NPR) corresponde a piezas dañadas, específicamente rodamientos y flechas en el estirador Cognetex. Esta falla representa el punto más crítico dentro del proceso, ya que afecta directamente la calidad de la mecha, la continuidad operativa y la estabilidad del arrastre. A partir de este resultado, se propusieron acciones de mejora orientadas a reducir el NPR, reemplazando los controles actuales por medidas más efectivas como inspecciones técnicas programadas, mantenimiento preventivo específico para componentes críticos, y ajustes en la documentación operativa. Estas acciones permitirán disminuir la frecuencia de fallas, mejorar la confiabilidad del equipo y asegurar una mayor estabilidad en el proceso de hilatura.

Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	NPR	Acciones	S	O	D	NPR
5	5	2	50	Revisión diarias por mecánico.	3	3	2	18
3	5	2	30	Mantenimiento Preventivo y Correctivo	2	3	2	12
	5	2	30	Mantenimiento Preventivo y Correctivo	2	3	2	12
4	5	3	60	Mantenimiento Preventivo y Correctivo	3	3	2	18
6	7	4	168	Mantenimiento Preventivo y Correctivo	4	3	3	36
5	5	4	100	Mantenimiento Preventivo y Correctivo	4	3	3	36
6	3	3	54	Mantenimiento Preventivo	3	2	2	12
5	3	3	45	Mantenimiento Preventivo	3	2	2	12

5	4	6	120	Mantenimiento Preventivo y Correctivo	3	2	3	18
5	2	6	60	Mantenimiento Preventivo y Correctivo	3	2	3	18
5	2	3	30	Implementar una rutina de verificación de presión antes del arranque	3	2	2	12

Tabla 15 AMEF Resultado de acciones de maquina Estiradores. Elaboración propia (2025).



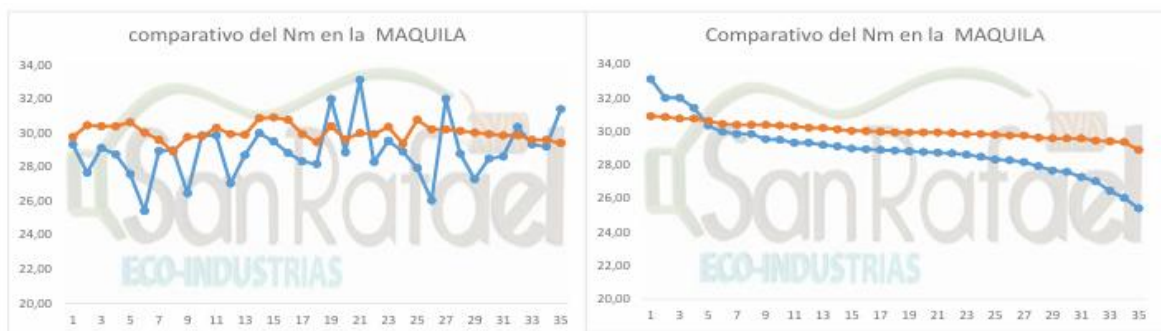
Grafica 6 Mejoras Estiradores. Elaboración propia (2025).

Tras la implementación de acciones correctivas y preventivas en los puntos críticos identificados mediante el análisis AMEF de los estiradores, se observaron mejoras significativas en los valores del Número de Prioridad de Riesgo (NPR). En particular, se priorizó el mantenimiento de los rodillos, lo que contribuyó a una notable reducción de fallas mecánicas y una mayor estabilidad en el proceso. Estas mejoras se reflejan claramente en la gráfica comparativa, evidenciando el impacto positivo de las acciones aplicadas sobre el desempeño de la máquina

Calidad Del Hilo

Se presenta un análisis completo de la fibra de maquila con el objetivo de corroborar las mejoras obtenidas en la mayoría de los aspectos evaluados, destacando principalmente los parámetros de CVM (uniformidad del hilo) y Nm (finura del hilo), que reflejan un avance significativo en la calidad del material.

Para este estudio se tomó al azar una paca de las cinco recibidas, de la cual se seleccionó un top de fibra SDF 2.2 dtex. La muestra fue analizada en el USTER TESTER 3, bajo parámetros establecidos para este tipo de fibra, obteniendo resultados que mostraron un par de chimeneas atípicas dentro de los gráficos.



Grafica 7 Comparativo del Nm en la MAQUILA. Departamento de calidad (2025)

En los primeros gráficos se muestra el comparativo del Nm, donde el color azul corresponde al **Material de entrada**, es decir, la fibra tal como llega como materia prima; mientras que el color naranja representa el **Material de salida**, obtenido después de pasar por los estiradores Cognetex. La mejora observada fue muy notoria, asegurando un material de calidad aceptable en comparación con el estado inicial del material.



Grafica 9 Variación del CVm en la MAQUILA Cabo 1.

Departamento de calidad (2025)



Grafica 8 Variación del CVm en la MAQUILA Cabo 2.

Departamento de calidad (2025)

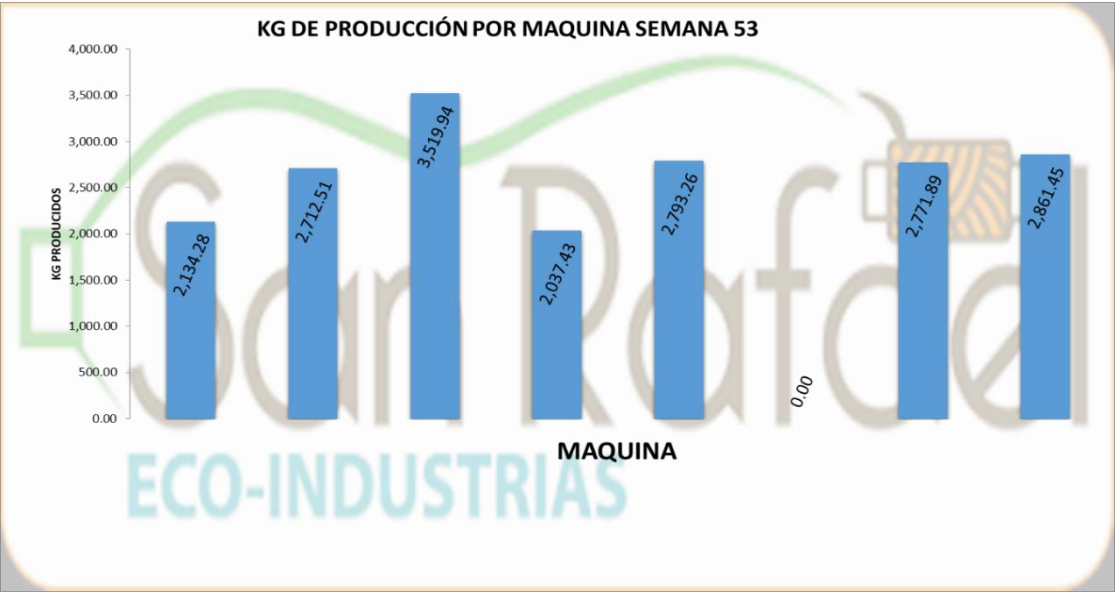
En la **Gráfica 8** se observa el análisis realizado a 1 cabo (hilo sencillo formado por una sola hebra), donde el parámetro más relevante es el CVm, ya que representa la uniformidad del material que se entrega. Los resultados muestran la condición inicial del hilo y permiten identificar las variaciones presentes en la materia prima.

Por otro lado, en la **Grafica 9** se presenta el análisis a 2 cabos (hilo doble formado al unir y torcer dos hebras), confirmando una mejoría notable en el CVm. La prueba a 2 cabos se realiza de manera habitual porque al doblar y retorcer dos hebras se compensan las irregularidades propias del hilo sencillo, lo que permite obtener un material más uniforme y estable. Esta reducción en la variación asegura que el material trabajado en este presenta una calidad superior, evidenciando que el proceso de estirado y el plan de mantenimiento aplicado fueron adecuados para garantizar la calidad final del producto.

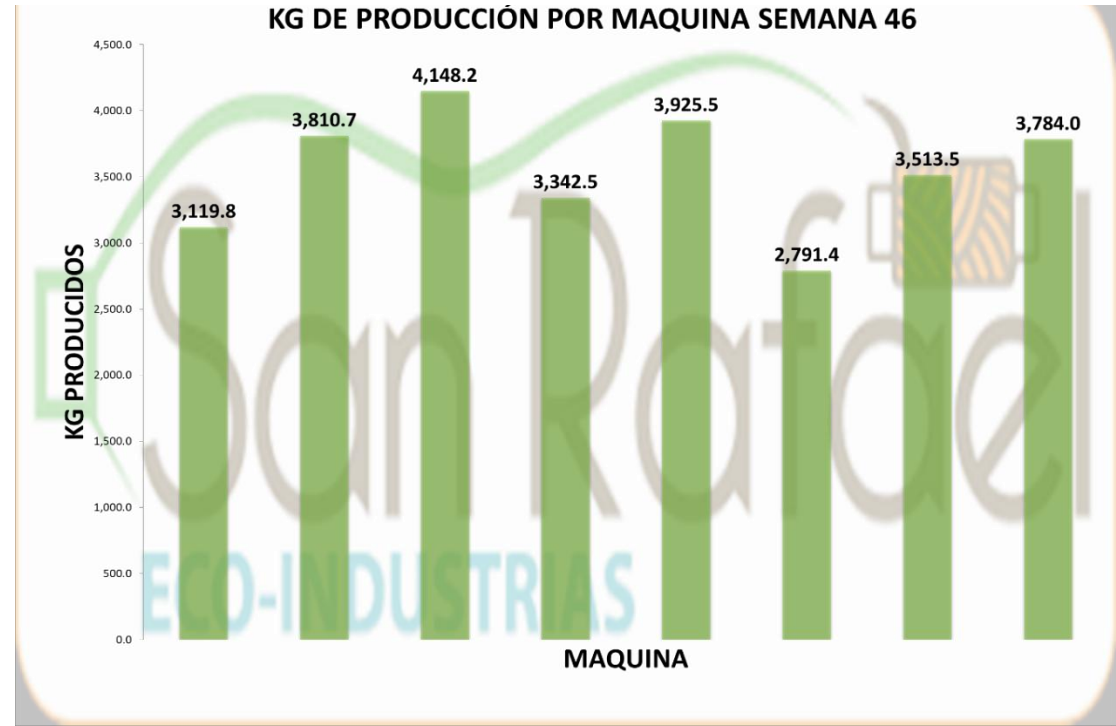
Volumen de producción

En la siguiente gráfica se muestran los kilogramos de hilo producidos por semana, resultado del trabajo continuo de las máquinas en el proceso de hilatura. Para fines comparativos, se presenta primero la gráfica correspondiente al año anterior, cuando aún no se había implementado el plan de mantenimiento preventivo. En dicha gráfica se observa cómo, en ciertos días, la producción llegó a ser nula debido a paros inesperados, lo que afectó de manera significativa la eficiencia y la estabilidad del proceso.

Posteriormente, se incluye la gráfica de este año, ya con el plan de mantenimiento preventivo en operación. En este caso, los paros y mantenimientos se encuentran programados, lo que permite mantener un flujo de producción más constante y confiable. Aunque la producción semanal muestra ligeras variaciones, se aprecia una mejora en la continuidad del proceso y, además, se asegura que el hilo producido sea de **mejor calidad**, gracias al adecuado funcionamiento de los equipos.



Grafica 11 Kilogramos de producción - Sem53. Departamento de Calidad (2024)



Grafica 10 Kilogramos de producción – Sem46. Departamento de Calidad (2025)

Tabla Objetivos – Resultados

Objetivo	Resultados alcanzados
Diagnosticar las principales causas de falla en las máquinas de hilatura, mediante el uso de herramientas como el Diagrama de Pareto y el AMEF.	Se identificaron los modos de falla más críticos (Espalmadores, Antirrizos, Purgadores) y se priorizaron acciones preventivas con base en el NPR.
Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo, enfocado en la limpieza periódica, la revisión de componentes críticos y la programación de intervenciones técnicas.	Se elaboró y aplicó un plan preventivo con cronogramas definidos, checklist de limpieza y revisión de componentes críticos, logrando mayor orden en las intervenciones.
Establecer un programa de mantenimiento preventivo que reduzca la necesidad de acciones correctivas en los componentes de las máquinas, asegurando continuidad operativa y mayor eficiencia.	Se redujeron los paros no programados en un porcentaje significativo y disminuyó la frecuencia de correctivos en motores, espalmadores, antirrizos y purgadores.
Capacitar al personal operativo en tareas básicas de mantenimiento, detección temprana de anomalías y buenas prácticas de arranque y limpieza.	Se capacitó al personal en mantenimiento autónomo, logrando mayor participación en limpieza, inspección visual y reporte de anomalías.
Evaluar el impacto de las acciones implementadas, midiendo la reducción del Número de Prioridad de Riesgo (NPR), la disminución de paros no programados y la mejora en la calidad del hilo producido.	Se evidenció una reducción del NPR en los componentes críticos, menor número de paros no programados y mejora en la calidad del hilo (menos defectos por contaminación de borra).

CAPITULO 6: CONCLUSIONES.

13. Conclusiones del proyecto.

El presente proyecto permitió abordar de manera estructurada las fallas más relevantes en las máquinas de hilatura, mediante el uso de herramientas como el Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), Diagrama de Pareto y TPM. Estas metodologías facilitaron la identificación y priorización de los modos de falla más críticos en el proceso, lo que sirvió como base para la toma de decisiones técnicas orientadas a la mejora continua.

A partir del diagnóstico realizado, se diseñó e implementó un plan de mantenimiento preventivo enfocado en la limpieza periódica, la revisión de componentes críticos y la programación de intervenciones técnicas. Paralelamente, se desarrolló documentación técnica accesible incluyendo guías visuales y procedimientos estandarizados que permitió fortalecer la comprensión operativa entre mecánicos y operadores con distintos niveles de experiencia.

La capacitación del personal operativo fue clave para fomentar la detección temprana de anomalías, la ejecución de tareas básicas de mantenimiento y la aplicación de buenas prácticas durante el arranque y la limpieza de las máquinas. Estas acciones contribuyeron directamente a la reducción del Número de Prioridad de Riesgo (NPR), la disminución de paros no programados y la mejora en la calidad del hilo producido.

Como resultado, se logró una mejora tangible en la confiabilidad de los equipos, la eficiencia del proceso y la autonomía del personal. El enfoque visual, práctico y colaborativo aplicado durante el proyecto demostró ser altamente efectivo para generar cambios sostenibles en el entorno industrial.

Desde una perspectiva personal y profesional, este proyecto representó una experiencia enriquecedora que permitió aplicar conocimientos técnicos en un contexto real, fortalecer habilidades de comunicación, documentación y liderazgo, y reafirmar el valor de la empatía y la claridad en la formación de equipos.

CAPITULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS.

14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

1. Diseñé e implementé mejoras organizacionales en la documentación técnica, principalmente en inventarios, descripciones de materiales y estandarización de formatos.
2. Apliqué formatos de inventario y procedimientos previamente estructurados, generando mejoras en las áreas críticas de mantenimiento y control de repuestos.
3. Apliqué herramientas y metodologías aprendidas durante mis estudios de Ingeniería Electromecánica, enfocándome en mantenimiento, documentación técnica y planeación estratégica de acciones según las necesidades detectadas.
4. Gestioné recursos básicos proporcionados por la empresa para la elaboración de documentación, optimizando el uso de materiales y tiempo en la recolección de datos.
5. Diseñé formatos para la administración del plan de mantenimiento preventivo, mejorando el control de información y la trazabilidad de las intervenciones.
6. Apliqué herramientas administrativas para la planeación y ejecución de actividades en tiempos específicos, garantizando orden y cumplimiento de objetivos.
7. Apliqué habilidades sociales y comunicativas que facilitaron la recolección de datos de necesidad directamente con operadores y técnicos, logrando información más precisa.
8. Documenté y estandaricé procedimientos técnicos como el reemplazo de bandas, rodamientos y coronas, asegurando claridad y profesionalismo.

Capítulo 8: Fuentes de Información

15. Fuentes de información

1. Westreicher, G. (2024, mayo 7). *¿Qué es el mantenimiento? Tipos, objetivos y ventajas*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/mantenimiento.html> ¹
2. Conduce tu Empresa. (2018, octubre 1). *¿Qué es el mantenimiento industrial?* Blog Conduce tu Empresa. <https://blog.conducetuempresa.com/2018/10/que-es-mantenimiento-industrial.html> ²
3. Folch Técnica Industrial. (s.f.). *Ventajas y tipos de mantenimiento industrial*. <https://folchtecnicaindustrial.com/ventajas-y-tipos-de-mantenimiento-industrial/> ³
4. Jiménez Pablo, J. L. (2019, noviembre). *Metodología del mantenimiento preventivo* [PDF]. IDOCPUB. <https://idoc.pub/documents/idocpub-3no7qj5eqyld> ⁴
5. CMMSher. (2025). *Plan de mantenimiento: Aprende a elaborar un plan que no te fallará* [Archivo PDF]. Archivo personal. ⁵
6. Ingenio Empresa. (s.f.). *Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF): Tipos, aplicación y beneficios*. <https://www.ingenioempresa.com/analisis-modo-efecto-fallas-amef/#Tipos de AMEF> ⁶
7. Ingeniería Industrial Online. (s.f.). *Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF)*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/> ⁷
8. Mecalux. (2025, noviembre 11). *Diagrama de Pareto: qué es y ejemplos*. <https://www.mecalux.es/blog/diagrama-pareto> ⁸
9. Salazar López, B. (2019, noviembre 1). *Mantenimiento productivo total (TPM)*. Ingeniería Industrial Online. https://www.ingenieriaindustrialonline.com/leanmanufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/#google_vignette ⁹