

IMPLEMENTACIÓN DE LOS PILARES I, II Y III DEL TPM (MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL) EN LAS MÁQUINAS DE CORTE AUTOMÁTICO AC90-A
DE LA EMPRESA YAZAKI CIEMEL S.A.

JOSÉ IGNACIO CABAÑA PLATA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2019

IMPLEMENTACIÓN DE LOS PILARES I, II Y III DEL TPM (MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL) EN LAS MÁQUINAS DE CORTE AUTOMÁTICO AC90-A
DE LA EMPRESA YAZAKI CIEMEL S.A.

JOSÉ IGNACIO CABAÑA PLATA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: EDWIN ALBERTO GARAVITO HERNÁNDEZ
Ingeniero Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2019

AGRADECIMIENTOS

A dios padre todo poderoso, porque me protege a pesar de mis debilidades, me ama a pesar de mis defectos, y me da soluciones a pesar de mis obstinaciones.

A mi madre, por haber sacrificado todo para que hoy yo esté aquí, por cada una de sus palabras que me guían durante mi vida.

A mi esposa e hijo; por ser el motor de mi vida, por acompañarme en este proyecto, por ser los pilares de mi existir.

A la familia colombiana, por su receptividad, su apoyo incondicional, y por hacerme sentir como en casa.

A todos ustedes les agradezco con todo mi ser.

Att: José Ignacio Cabaña Plata

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1. YAZAKI CIEMEL S.A.	14
1.1 LOCALIZACIÓN.....	15
1.2 POLÍTICAS CORPORATIVAS.....	15
1.2.1 Misión..	15
1.2.2 Visión.....	15
1.2.3 Valores corporativos..	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. MARCO TEÓRICO	18
3.1 EL MANTENIMIENTO MODERNO	18
3.2 EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	18
3.2.1 Definición.....	19
3.2.2 Pilar I (Mejoras enfocadas).....	19
3.2.3 Pilar II (Mantenimiento autónomo).....	21
3.2.4 Pilar III (Mantenimiento planificado).....	24
3.2.5 Pilar IV (Mantenimiento de calidad).....	26
3.2.6 Pilar V (Educación y entrenamiento).....	28
3.2.7 Pilar VI (Seguridad y medio ambiente).....	29
3.3 LA TÉCNICA DE LAS 5S.....	30
3.3.1 Clasificar (SEIRI).....	30
3.3.2 Organizar (SEITON).....	32
3.3.3 Limpiar (SEISO).....	33
3.3.4 Estandarizar (SEIKETSU).....	34
3.3.5 Disciplina (SHITSUKE).....	36
4. IMPLEMENTACIÓN DE LOS PILARES I, II Y III DEL TPM.....	37
4.1 PILAR I (MEJORA ENFOCADA) – IMPLEMENTACIÓN	37
4.1.1 Selección del tema (Paso 0).....	37
4.1.2 Comprender la situación (Paso 1).....	39
4.1.3 Descubrir y eliminar las anormalidades (Paso 2).....	43
4.1.4 Analizar causas (Paso 3).....	46
4.1.5 Plan de mejora (Paso 4).....	47
4.1.6 Implantar mejora (Paso 5).....	48
4.1.7 Chequear resultados (Paso 6).....	49
4.1.8 Consolidar beneficios (Paso 7).....	50
4.2 PILAR II (MANTENIMIENTO AUTÓNOMO) – IMPLEMENTACIÓN	53
4.2.1 Realizar limpieza inicial (Paso 1).....	53

4.2.2	Fuentes contaminantes y lugares inaccesibles (Paso 2).....	53
4.2.3	Estándares de limpieza y lubricación (Paso 3).....	55
4.2.4	Inspección general del equipo (Paso 4).....	56
4.2.5	Inspección general de los procesos (Paso 5).....	58
4.2.6	Mantenimiento autónomo sistemático (Paso 6).....	60
4.2.7	Práctica de autogestión (Paso 7).....	60
4.3	PILAR III (MANTENIMIENTO PLANIFICADO) – IMPLEMENTACIÓN	62
4.3.1	Evaluar el equipo y la situación actual (Paso 1).....	62
4.3.2	Revertir el deterioro (Paso 2).....	63
4.3.3	Sistema de gestión de la información (Paso 3).....	64
4.3.4	Sistema de mantenimiento periódico (Paso 4).....	64
4.3.5	Sistema de mantenimiento predictivo (Paso 5).....	67
4.3.6	Evaluación del sistema de mantenimiento (Paso 6).....	69
5.	CONCLUSIONES.....	72
	BIBLIOGRAFÍA.....	74

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Producto de Yazaki Ciemel S.A.....	14
Ilustración 2: Localización de la empresa Yazaki Ciemel S.A.....	15
Ilustración 3: Valores corporativos Yazaki Ciemel S.A.....	16
Ilustración 4: Consumibles del taller de mantenimiento Yazaki.	31
Ilustración 5: Área de herramientas del taller de mantenimiento Yazaki.....	32
Ilustración 6: Mueble de herramientas taller de mantenimiento Yazaki.	34
Ilustración 7: Estandarización de caja de herramientas Yazaki.	35
Ilustración 8: Día común de trabajo en el taller de mantenimiento Yazaki.	36
Ilustración 9: Conformación del grupo Kaizen DETECTAR	39
Ilustración 10: Asistencias de reparaciones en horas	39
Ilustración 11: Análisis Pareto de las cinco causas raíces.	42
Ilustración 12: Plan de mantenimiento mayor en máquinas de corte	44
Ilustración 13: Orden de trabajo de un mantenimiento mayor.....	45
Ilustración 14: Sensor de enredo de cable original	46
Ilustración 15: Boquilla cerámica con referencial japones.....	47
Ilustración 16: Antes y después de la colocación de boquilla cerámica.....	48
Ilustración 17: Funcionamiento de la boquilla cerámica.....	49
Ilustración 18: Estándar de mantenimiento autónomo sensor de enredo.	51
Ilustración 19: Sustentación del beneficio de las boquillas de cerámica.	52
Ilustración 20: Integrantes del equipo Kaizen DETECTAR.	52
Ilustración 21: Máquina de corte luego de aplicar higiene.	53
Ilustración 22: Ubicación antigua de la botonera.	54
Ilustración 23: Nueva ubicación de la botonera.	54
Ilustración 24: Condición de lubricación 1/2.....	55
Ilustración 25: Condición de lubricación 2/2.....	55
Ilustración 26: Tiempos estándar para inspeccionar el equipo.	56
Ilustración 27: Ruta de inspección diaria de equipo.	57
Ilustración 28: Registro de capacitación higiene.	58
Ilustración 29: Registro de capacitación mantenimiento preventivo.....	58
Ilustración 30: Registro de capacitación mantenimiento autónomo.	59
Ilustración 31: Ubicación de herramientas en el equipo.....	60
Ilustración 32: Tiempos de reparaciones en máquinas de corte.	61
Ilustración 33: Ficha técnica de una máquina de corte.	62
Ilustración 34: Rutina de mantenimiento mayor.	63
Ilustración 35: Software de mantenimiento SAMM.....	64
Ilustración 36: Rutina de mantenimiento periódico.	65
Ilustración 37: Cronograma de mantenimiento periódico.	66
Ilustración 38: Imágenes de estándares de mantenimiento.	66
Ilustración 39: Analizador de prensado PAL 4000.	67
Ilustración 40: Gráfica ejemplo de Cpk (PAL 4000).	68
Ilustración 41: Rutina de mantenimiento predictivo.....	68
Ilustración 42: Plan de mantenimiento predictivo.	69

Ilustración 43: Disponibilidad inherente en máquinas de corte.	69
Ilustración 44: Down Time en producción.	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Procedimiento paso a paso para la mejora enfocada	20
Tabla 2: Procedimiento paso a paso para el mantenimiento autónomo	22
Tabla 3: Procedimiento paso a paso para el mantenimiento planificado	25
Tabla 4: Las ocho pérdidas principales de la industria.....	37
Tabla 5: Fallas en máquinas de corte con las respectivas causas raíces.....	40
Tabla 6: Síntesis de causas raíces para fallas en máquinas de corte.....	41

RESUMEN

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE LOS PILARES I, II Y III DEL TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL) EN LAS MÁQUINAS DE CORTE AUTOMÁTICO AC90-A DE LA EMPRESA YAZAKI CIEMEL S.A.*

AUTOR: JOSÉ IGNACIO CABAÑA PLATA**

PALABRAS CLAVE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, YAZAKI CIEMEL, GRAFADO, MEJORA ENFOCADA, MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, MANTENIMIENTO PLANIFICADO.

DESCRIPCIÓN:

La empresa Yazaki Ciemel S.A está ubicada en Chía – Cundinamarca, y se especializa en la manufactura de arneses eléctricos para la industria automotriz. La función del arnés es conducir la energía eléctrica a las diferentes partes del vehículo de forma confiable y segura. Actualmente Yazaki Ciemel S.A suministra arneses eléctricos para los siguientes clientes: Colmotores, Renault Sofasa, HINO, Incolmotos, Fanalca, Auteco, Hero, Suzuki, GM del Ecuador y Kia del Ecuador.

En el proceso de manufactura del arnés eléctrico es necesario el corte y grafado de los circuitos, dicho proceso es realizado por las máquinas de corte automático AC90-A de fabricación japonesa. Durante la operación de las máquinas AC90-A se reportan continuos llamados al área de mantenimiento para ajustes menores que pudiesen ser corregidos por parte del operario con el debido entrenamiento, y en algunos casos con la aplicación de mejoras enfocadas.

El presente trabajo aplicado busca romper los antiguos paradigmas entre Operaciones y Mantenimiento, aplicando metodologías de TPM (Mantenimiento Productivo Total) que generen operarios autónomos y técnicos integrales enfocados al mejoramiento continuo de los procesos.

En el mismo orden de ideas, se busca el cumplimiento de la normativa IATF-16949 en su numeral 8.5.1.5 Mantenimiento Productivo Total.

* Monografía de Especialización

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Edwin Alberto Garavito Hernández, Ingeniero Industrial

SUMMARY

TITLE: IMPLEMENTATION OF THE PILLARS I, II AND III OF THE TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) IN THE AUTOMATIC CUTTING MACHINES AC90-A OF THE YAZAKI CIEMEL COMPANY S.A.*

AUTHOR: JOSÉ IGNACIO CABAÑA PLATA**

KEY WORDS: TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE, YAZAKI CIEMEL, CRIMPING, FOCUSED IMPROVEMENT, AUTONOMOUS MAINTENANCE, PLANNED MAINTENANCE.

DESCRIPTION:

The company Yazaki Ciemel S.A is located in Chia - Cundinamarca, and specializes in the manufacture of electrical harnesses for the automotive industry. The function of the harness is to drive the electrical energy to the different parts of the vehicle reliably and safely. Currently Yazaki Ciemel S.A supplies electrical harnesses for the following customers: Colmotores, Renault Sofasa, HINO, Incolmos, Fanalca, Auteco, Hero, Suzuki, GM from Ecuador and Kia from Ecuador.

In the process of manufacturing the electrical harness it is necessary to cut and crimp the circuits, this process is carried out by the automatic cutting machines AC90-A of Japanese manufacture. During the operation of the AC90-A machines, continuous calls are made to the maintenance area for minor adjustments that could be corrected by the operator with due training, and in some cases with the application of focused improvements.

The presented applied work seeks to break the old paradigms between Operations and Maintenance, applying methodologies of TPM (Total Productive Maintenance) that generate autonomous operators and integral technicians focused on the continuous improvement of the processes.

In the same order of ideas, compliance with IATF-16949 is sought in its numeral 8.5.1.5 Total Productive Maintenance.

* Specialization Monograph.

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Director: Edwin Alberto Garavito Hernández, Industrial Engineer.

INTRODUCCIÓN

La filosofía de mantenimiento productivo total (TPM) tiene como objetivo eliminar las pérdidas de producción debido al estado de los equipos, es decir, que los equipos siempre estén en disposición para producir su máxima capacidad con la calidad esperada sin ninguna interrupción. TPM identifica diferentes tipos de pérdidas denominadas “seis grandes pérdidas” que reducen la efectividad de la producción: fallas en los equipos principales, cambios y ajustes no programados, ocio y paradas menores, reducción de velocidad, defectos en el proceso y pérdidas de arranque¹.

Yazaki Ciemel S.A como empresa manufacturera padece de las seis grandes pérdidas en la producción, y por medio del presente trabajo aplicado se busca la implementación de los pilares I, II, y III del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en las máquinas de corte automático AC90-A, con el fin de fusionar en un solo equipo al personal de Operaciones y Mantenimiento.

Se realizarán actividades de mejora enfocada que disminuyan el consumo de repuestos en las máquinas. Se determinarán actividades a realizar por parte del operario que mantengan las condiciones básicas de operación de los equipos. Y finalmente se implementará un mantenimiento planificado que convenga las siguientes técnicas: Mantenimiento Basado en el Tiempo (TBM), Mantenimiento Predictivo (CBM) y Mantenimiento Mayor (Parada de Planta).

Para demostrar la efectividad de la implementación del TPM (pilares I, II y III) se realizará seguimiento a la disponibilidad inherente de las máquinas automáticas de corte, y al Down Time de producción.

¹ Angie Valle. Como impacta el mantenimiento productivo total en las industrias. Noviembre 14 de 2014. Disponible en:

<https://fierrosindustrial.com/noticias/pilares-del-mantenimiento-productivo-total/>

1. YAZAKI CIEMEL S.A.

Yazaki Corporation es un fabricante independiente de componentes automotrices de origen japonés fundado en 1941 con presencia en 45 países, con 646 plantas/instalaciones en funcionamiento y empleando a más de 279.800 personas alrededor del mundo.

En el año 1995 y con la ayuda de 650 colaboradores, surge la alianza entre la empresa colombiana Ciemel y la Corporación japonesa Yazaki, dando inicio a la empresa Colombo – Japonesa Yazaki Ciemel S.A. Hoy en día contamos con 1200 colaboradores.

El profundo arraigo a la cultura japonesa nos ha forjado unos principios que se traducen en valores tradicionales, que nos diferencian en todos nuestros esfuerzos comerciales. Un reflejo de esto es el espíritu Mottainai, que obedece al hecho de que todo objeto material posee un valor intrínseco, determinado por los deseos, el esfuerzo, las acciones y todo lo que implica que otras personas hayan intervenido a lo largo del proceso de fabricación.

Como resultado, Yazaki Ciemel S.A. está dedicada a cuidar el medio ambiente, a hacer una contribución a la sociedad e inspirar confianza en nuestros grupos de interés.

Ilustración 1: Producto de Yazaki Ciemel S.A.



Fuente: Yazaki Ciemel S.A.

1.1 LOCALIZACIÓN

La empresa Yazaki Ciemel se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca, específicamente en el Km 21 de la autopista norte Bogotá – Chía, municipio de Chía. En la figura 2 se puede observar la ubicación geográfica de la empresa.

Ilustración 2: Localización de la empresa Yazaki Ciemel S.A.



Fuente: Google Maps²

1.2 POLÍTICAS CORPORATIVAS

1.2.1 Misión. Fabricar, comercializar y exportar Arnese s Eléctricos de óptima calidad para el sector Automotor.

1.2.2 Visión. Ser la mejor alternativa en la fabricación de Arnese s Eléctricos, posicionándonos como una compañía ejemplar para nuestros Colaboradores, Clientes y Proveedores.

² Tomado de [www.google.com/maps](https://www.google.com/maps/search/yazaki+ciemel/@4.7369067,-74.0887572,15z) el 01 de Julio del 2019. Procedencia: <<https://www.google.com/maps/search/yazaki+ciemel/@4.7369067,-74.0887572,15z>>

1.2.3 Valores corporativos. Respeto, Integridad, Lealtad, Honestidad y Pasión. En nuestra compañía todos nuestros colaboradores y esfuerzos se caracterizan por el dedicado cumplimiento de valores y principios que se han arraigado en nuestra organización con el paso de los años como una férrea tradición. En este sentido, hemos representado cada valor con cada uno de los dedos de la mano, como un símbolo del esfuerzo permanente que hacen nuestros colaboradores en cada actividad que desempeñan. En la figura 3 se muestran la representación del: Respeto, Integridad, Lealtad, Honestidad y Pasión.

Ilustración 3: Valores corporativos Yazaki Ciemel S.A.



Fuente: Yazaki Ciemel S.A.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

IMPLEMENTAR LOS PILARES I, II Y III DEL TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL) EN LAS MÁQUINAS DE CORTE AUTOMÁTICO AC90-A DE LA EMPRESA YAZAKI CIEMEL S.A.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una actividad de mejora enfocada en las máquinas AC90-A por medio de actividad KAIZEN (Pilar I TPM).
- Diseñar el mantenimiento autónomo de las máquinas AC90-A. (Pilar II TPM).
- Estructurar el esquema de mantenimiento planificado de las máquinas AC90-A por medio de la herramienta SAMM. (Pilar III TPM).

3. MARCO TEÓRICO

3.1 EL MANTENIMIENTO MODERNO

El mantenimiento nace con el desarrollo industrial de la humanidad cuando se empezaron a mecanizar las fábricas; inicialmente las averías eran atendidas por el propio personal de producción y no se realizaba ningún análisis de las fallas.

En la actualidad, el mantenimiento industrial tiene como objetivos la reducción del tiempo que los equipos permanecen en reparación, el análisis de las averías, la eliminación de los almacenes de repuestos y la implementación de los programas de mantenimiento que garanticen una operación estable, continua, económica, en armonía con la naturaleza y sobre todo segura.³

Los últimos cuarenta años han mostrado un desarrollo muy importante de las nuevas tecnologías para realizar mantenimiento y de las metodologías aplicables a la gestión del mantenimiento. La Ingeniería de Mantenimiento (Terotecnología) ha crecido en todas sus ramas, incluyendo instrumentos y técnicas desarrolladas para sustentar la credibilidad de los programas de Mantenimiento Proactivo (entiéndase: Proactivo = Preventivo + Predictivo + Mejoras) implementados en la industria. El mantenimiento, día a día, está rompiendo las barreras del pasado, hasta dejar de verse como un gasto para convertirse en el mayor generador de utilidades industriales y el responsable de la sostenibilidad de la empresa.

3.2 EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

³ Soto, Renato. El mantenimiento Industrial Moderno. Junio 2018. Disponible en: <https://foromantenimientoindustrial.blogspot.com/2011/06/el-mantenimiento-industrial-moderno-por.html>

3.2.1 Definición. Mantenimiento productivo total (del inglés de total productive maintenance, TPM) es una filosofía originaria de Japón, el cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial. Las siglas TPM fueron registradas por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas JIPM, en el año 1971⁴.

Las principales metas de MPT son eliminar los desperdicios ocasionados por accidentes, emergencias y tiempo muerto no planeado, defectos y pérdidas de velocidad. El control de equipo es una prioridad principal dentro del sistema MPT. Es un sistema exitoso porque promueve actividades grupales dentro de los integrantes del equipo de piso de producción. La base de conocimiento recibida de integrantes del equipo se usa para mejorar la confiabilidad del equipo y la productividad, reduciendo de esta manera el costo de operación y mantenimiento.⁵

3.2.2 Pilar I (Mejoras enfocadas). Este pilar también es llamado kobetsu kaizen y desarrolla el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Gestión de la calidad total, llegando a la causa raíz de los problemas, con previa planificación de la meta y el tiempo de logro. El pilar del TPM de mejoras enfocadas aporta metodologías para llegar a la raíz de los problemas, permitiendo identificar el factor a mejorar, definirlo como meta y estimar el tiempo para lograrlo, de igual manera, posibilita conservar y transferir el conocimiento adquirido durante la ejecución de acciones de mejora. Estas actividades están dirigidas a mejorar gran variedad de elementos, como un proceso, un procedimiento, un equipo o componentes específicos de algún equipo; detectando acertadamente la pérdida y ejecutando un plan de acción para su eliminación.⁶

⁴ Fernández, Francisco. Teoría y práctica del mantenimiento industrial (2a ed. edición). 2005. Madrid: Fundación Confemetal. p. 106

⁵ <http://www.bradylatinamerica.com/es-mx/normatividad/f%C3%A1brica-visual/mantenimiento-productivo-total>

⁶ Charantimath, Poornima M. (2012). Total quality management (2nd ed. edition). Delhi: Pearson. p. 437

Tabla 1: Procedimiento paso a paso para la mejora enfocada

ACTIVIDAD / PASO	DETALLE
Paso 0: Selección de tema de mejora	1. Seleccionar y registrar el tema 2. Formar equipo de proyecto 3. Planificar actividades.
Paso 1: Comprender la situación	1. Identificar procesos cuellos de botella 2. Medir fallos, defectos y otras pérdidas 3. Usar líneas de fondo para establecer objetivos
Paso 2: Descubrir y eliminar anomalías	1. Sacar a la luz infatigablemente todas las anormalidades. 2. Restaurar el deterioro y corregir las pequeñas deficiencias. 3. Establecer las condiciones básicas del equipo.
Paso 3: Analizar causas	1. Estratificar y analizar pérdidas 2. Aplicar técnicas analíticas 3. Emplear tecnología específica
Paso 4: Plan de mejora	1. Diseñar propuestas de mejora y preparar planos 2. Comparar la eficacia y costos de las propuestas alternativas. 3. Considerar los efectos peligrosos y las posibles desventajas
Paso 5: Implantar mejora	1. Realizar plan de mejora (implantarlo) 2. Practicar la gestión temprana 3. Facilitar instrucciones para el equipo mejorado
Paso 6: Chequear resultados	1. Evaluar los resultados en el tiempo 2. Verificar si se han logrado os objetivos 3. Si no es así, empezar de nuevo en el paso 3
Paso 7: Consolidar veneficios	1. Definir estándares de control para sostener resultados. 2. Formular estándares de trabajo y manuales. 3. Retroalimentar información al programa de mantenimiento

Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de procesos, Madrid-España: TGP-HOSHIN 1995.

3.2.3 Pilar II (Mantenimiento autónomo). 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.⁷

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.
- Traspasar la responsabilidad de las máquinas al departamento productivo.
- Ser capaces de detectar anomalías antes de fallo.
- Reducir el mantenimiento correctivo a la vez que liberamos al personal de mantenimiento para que pueda realizar más mantenimiento preventivo.

A continuación, se muestran los pasos a seguir para ejecutar el mantenimiento autónomo:

⁷ López, Bryan. Mantenimiento Productivo total (TPM) [en línea], 2016. [Consultado: 1 de mayo de 2019]. Disponible en Internet: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

Tabla 2: Procedimiento paso a paso para el mantenimiento autónomo

PASOS	ACTIVIDADES	OBJETIVOS
1. Realizar limpieza inicial	• Eliminar el polvo y la suciedad del equipo. • Descubrir las irregularidades tales como los ligeros defectos, fuentes de contaminación, lugares inaccesibles y fuentes de defectos de calidad. • Eliminar los elementos innecesarios y rara vez utilizados	• Evitar el deterioro acelerado eliminando el entorno nocivo de polvo y suciedad. • Elevar la calidad del trabajo de inspección y reparación • Establecer las condiciones básicas del equipo. • Descubrir y reparar los defectos ocultos.
2. Eliminar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles	• Reducir el tiempo dedicado a dejar en orden el equipo, eliminando las fuentes de polvo y suciedad, evitando la dispersión, y mejorando las partes que sean de limpieza, chequeo, lubricación, apretado o manipulación difícil	• Incrementar la fiabilidad intrínseca del equipo impidiendo la adhesión del polvo y suciedad y controlando esto en su fuente. • Incrementar la mantenibilidad mejorando la limpieza, inspección y lubricación. • Crear equipos que no requieren trabajo manual.
3. Establecer estándares de limpieza	• Formular estándares de trabajo que ayuden a mantener la limpieza, lubricación y apretado de pernos a niveles adecuados con mínimo tiempo de esfuerzos. • Mejorar la eficiencia del trabajo de inspección introduciendo controles visuales.	• Sostener las tres condiciones básicas para mantener adecuadamente el equipo y prevenir su deterioro (limpieza, lubricación y apretado de pernos). • Realizar inspecciones precisas por medio de controles visuales, tales como: placas de identificación, Especificaciones de rango de operación.

4. Realizar la inspección general del equipo	• Facilitar información sobre técnicas de inspección con base en manuales. • Poner en condición óptima los elementos individuales del equipo mediante la inspección general. • Modificar el equipo para mejorar el chequeo. Hacer uso extenso de los controles visuales.	• Mejorar la fiabilidad realizando inspecciones generales y revertir el deterioro en cada parte del equipo. • Adiestrar a todos los operarios para inspeccionar fiablemente, introduciendo controles visuales.
5. Realizar inspecciones generales de los procesos	• Facilitar instrucciones sobre los rendimientos de los procesos operacionales y ajustes • Impedir las duplicidades u omisiones en las inspecciones, incorporando un estándar de inspección periódica.	• Mejorar la fiabilidad y seguridad global de los procesos mediante una operación correcta. • Modificar el equipo para mejorar su funcionamiento.
6. Mantenimiento autónomo sistemático	• Instaurar el mantenimiento de calidad y de seguridad estableciendo claros procedimientos y estándares. • Mejorar los procedimientos de preparación y reducir el trabajo en proceso. • Establecer un sistema de autogestión para mejorar el flujo en el lugar de trabajo	• Precisar las relaciones entre los equipos y la calidad del producto • Estandarizar el mantenimiento y control del equipo de transporte, piezas de repuestos, herramientas, trabajos en procesos, productos finales, equipos de limpieza.
7. Práctica plena de la autogestión	• Desarrollar actividades de mejora y estandarizarlas de acuerdo con los objetivos y políticas de la compañía • Mejorar continuamente los equipos llevando registros	• Analizar sistemáticamente los datos para mejorar los equipos y elevar la fiabilidad, seguridad, fiabilidad, mantenibilidad y calidad de los procesos.

	precisos de los mantenimientos.	• Priorizar las mejoras en los equipos con base en los datos adquiridos. Flexibilizar las rutinas en los casos que amerite.
--	---------------------------------	---

Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de procesos, Madrid-España: TGP-HOSHIN 1995.

Pág. 102

3.2.4 Pilar III (Mantenimiento planificado). 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".⁸

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.

Vale la pena considerar que la cultura organizacional, la gestión colaborativa y la aplicación de las estrategias TPM, son claves para el correcto funcionamiento del mantenimiento planificado; incluso en organizaciones multinacionales con sistemas de gestión del mantenimiento implementados, pueden observarse limitaciones del enfoque tradicional de mantenimiento, tales como:

⁸ Ibid.

- Rutinas comunes de mantenimiento a equipos con niveles de deterioro diferentes.
- Listado de repuestos por equipo, y sus respectivas órdenes de trabajo, desactualizados.
- Instrucciones imprecisas de mantenimiento, sin nivel de detalle.

De manera que una correcta aplicación de las estrategias propuestas por TPM, constituyen un gran aporte al desarrollo del mantenimiento planificado, en la medida en la que se logre involucrar a todos los actores de la organización en la formulación de acciones concretas de mantenimiento y mejoramiento de equipos e instalaciones.

A continuación, se muestran los pasos a seguir para ejecutar el mantenimiento autónomo:

Tabla 3: Procedimiento paso a paso para el mantenimiento planificado

PASO	ACTIVIDADES
Paso 1: Evaluar el equipo y comprender la situación actual de partida.	1. Preparar o actualizar los registros de los equipos 2. Evaluar los equipos: esta 3. Definir rangos de fallos 4. Comprender a situación: medir el número, consecuencias y severidad de los fallos, 5. Establecer objetivos de mantenimiento (indicadores (método de medir resultados).
Paso 2: Revertir el deterioro y corregir anormalidades.	1. Establecer condiciones básicas, revertir el deterioro (apoya al mantenimiento autónomo) 2. Poner en práctica actividades de mejora orientada para corregir debilidades del equipo (apoya a la mejora enfocada) 3. Tomar medidas para impedir la ocurrencia de fallos idénticos o similares. 4. Introducir mejoras para reducir los fallos en los procesos.

Paso 3: Crear un sistema de gestión de la información.	1. Crear un sistema de gestión de datos de fallos. 2. Crear un sistema de gestión del mantenimiento de equipos. 3. Crear un sistema de gestión de presupuesto de equipos. 4. Crear un sistema para controlar repuestos de equipos, planos e información técnica.
Paso 4: Crear un sistema de mantenimiento periódico	1. Preparar el mantenimiento periódico. 2. Preparar el diagrama de flujo del mantenimiento periódico. 3. Seleccionar equipos y componentes a mantener. 4. Preparar o actualizar estándares de mantenimiento. 5. Mejorar la eficiencia del mantenimiento con parada general.
Paso 5: Crear un sistema de mantenimiento predictivo	1. Introducir técnicas de diagnóstico de equipos. 2. Preparar diagrama de flujo del mantenimiento predictivo. 3. Seleccionar equipos para el mantenimiento predictivo. 4. Desarrollar equipos y tecnologías de diagnóstico.
Paso 6: Evaluar el sistema de mantenimiento planificado.	1. Evaluar el sistema de mantenimiento planificado. 2. Evaluar los indicadores de desempeño (MTBF, disponibilidad, fiabilidad, ...) 3. Evaluar los ahorros de costes, reducción en los gastos de mantenimiento.

Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de procesos, Madrid-España: TGP-HOSHIN 1995. Pág. 161

3.2.5 Pilar IV (Mantenimiento de calidad). El mantenimiento de calidad es uno de los pilares del TPM y tiene como principal objetivo mejorar y mantener las condiciones de los equipos y las instalaciones en un punto óptimo donde sea posible alcanzar la meta de "cero defectos", es decir "cero no conformidades de calidad".⁹ El mantenimiento de calidad tiene una serie de principios sistemáticos que lo fundamentan, estos son:

- Clasificación de defectos e identificación del contexto, frecuencia, causas, efectos, y relaciones con las condiciones de los equipos.

⁹ Ibid.

- Análisis de mantenimiento preventivo para identificar los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad.
- Establecer rangos estándar para los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad, y determinar sus respectivos procesos de medición.
- Establecer un programa de inspección periódico de los factores críticos.
- Preparar matrices de mantenimiento y mejora. Además de valorar periódicamente los estándares.
-

En el mantenimiento de calidad es muy importante contar con herramientas y tecnología adecuada, que van desde técnicas de control de calidad, hasta instrumentos precisos de medición y predicción.

El *Japan Institute of Plant Maintenance* propone nueve etapas para el desarrollo del mantenimiento de calidad, estas son:

- Etapa 1: Identificación de la situación actual del equipo.
- Etapa 2: Investigación de la forma como se generan los defectos.
- Etapa 3: Identificación, análisis y reporte de causas y efectos en materiales, máquinas y mano de obra (3M).
- Etapa 4: Estudiar las acciones correctivas para la eliminación de "fugas".
- Etapa 5: Estudiar las condiciones del equipo para unidades no defectuosas.
- Etapa 6: Realizar eventos de mejora enfocada aplicada a las 3M.
- Etapa 7: Definir estándares de las 3M.
- Etapa 8: Reforzar los métodos de inspección.
- Etapa 9: Valorar los estándares utilizados.
-

3.2.6 Pilar V (Educación y entrenamiento). La metodología TPM requiere de la participación activa de todo el personal, un personal capacitado y polivalente. El pilar de educación y entrenamiento se enfoca en garantizar el desarrollo de las competencias del personal, teniendo en cuenta los objetivos de la organización.¹⁰

El pilar de educación y entrenamiento tiene como prioridades los siguientes objetivos:

- Desarrollo de personas competentes en términos de equipamiento: Actividades analíticas avanzadas de mantenimiento; establecimiento de centros de entrenamiento en actividades de mantenimiento, promoción de especialistas.
- Desarrollo de personas competentes en términos de gestión: Líderes de programas de mantenimiento autónomo, alistamiento, predicción, prevención, TPM.
- Desarrollo de habilidades y participación: Creación de una cultura colaborativa en relación con TPM; lecciones de un punto; reporte de Fugas; matriz de habilidades.

Para alcanzar los objetivos propuestos es necesario plantearse la estrategia de conservar, adquirir, crear, transferir y utilizar conocimiento.

¹⁰ Ibid.

3.2.7 Pilar VI (Seguridad y medio ambiente). La seguridad y el medio ambiente son un pilar transversal en TPM, es necesario preservar la integridad de las personas y disminuir el impacto ambiental en cada operación, equipo o instalación de la organización. El propósito de este pilar consiste en crear un sistema de gestión integral de seguridad y medio ambiente con el objetivo de lograr "cero accidentes" y "cero contaminación", llevando los principios del sistema de gestión a todos los niveles de la organización. La integridad de las personas y el impacto ambiental son objetivos que contribuyen al mejoramiento de la productividad, un sitio de trabajo seguro, un entorno agradable, son escenarios ideales para la búsqueda de operaciones eficientes.¹¹

El pilar de seguridad y medio ambiente tiene una serie de principios que lo fundamentan:

- Un equipo en deterioro y con defectos es una fuente expresa de riesgos.
- El desarrollo del mantenimiento autónomo y las 5's son la base de la identificación de condiciones inseguras.
- La metodología utilizada para la mejora enfocada es el procedimiento para eliminar riesgos en los equipos, y para hallar medidas de contención.
- El personal capacitado y polivalente asume con actitud crítica las condiciones de seguridad de su entorno.
-

El *Japan Institute of Plant Maintenance* propone nueve etapas para el desarrollo del pilar de seguridad y medio ambiente, estas son:

- Seguridad en la limpieza inicial en el mantenimiento autónomo (MA).
- Mejoramiento de los factores del equipo para evitar condiciones que producen trabajos inseguros.

¹¹ Ibid.

- Estandarización de rutinas de seguridad.
- Formación de personas competentes para la inspección general del equipo en materia de seguridad.
- Inspección general del proceso y el entorno.
- Sistematización del mantenimiento autónomo de seguridad.

3.3 LA TÉCNICA DE LAS 5S. La metodología de las 5S es una práctica de calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. La aplicación de esta Técnica requiere el compromiso personal y duradera para que nuestra empresa sea un auténtico modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene. Los primeros en asumir este compromiso son los Gerentes y los jefes y la aplicación de esta es el ejemplo más claro de resultados acorto plazo.¹²

Estudios estadísticos en empresas de todo el mundo que tienen implantado este sistema demuestran que la aplicación de las 3 primeras S trae como resultado:

- Reducción del 40% de sus costos de Mantenimiento.
- Reducción del 70% del número de accidentes.
- Crecimiento del 10% de la fiabilidad del equipo.
- Crecimiento del 15% del tiempo medio entre fallas.

3.3.1 Clasificar (SEIRI). Significa separar las cosas necesarias y las que no la son manteniendo las cosas necesarias en un lugar conveniente y en un lugar adecuado. Dentro de las ventajas de Clasificación y Descarte tenemos las siguientes:

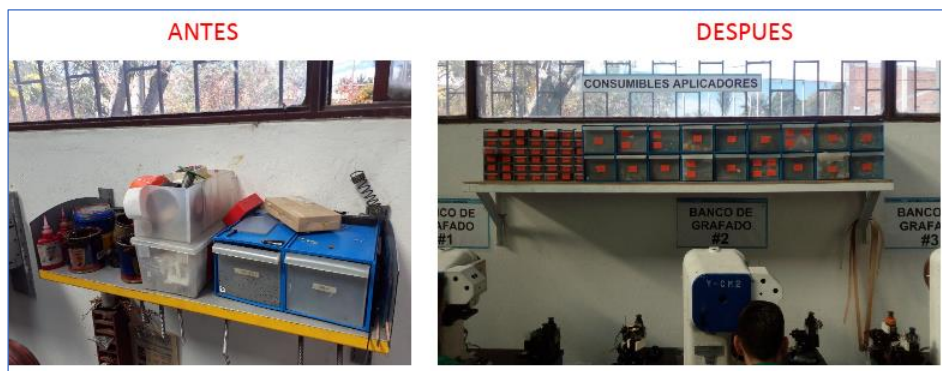
¹² Rosas, Justo. Las 5'S herramientas básicas de mejora de la calidad de vida. [en línea]. 2018. [Consultado: 2 de mayo de 2019]. Disponible en Internet: http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm

- Reducción de necesidades de espacio, stock, almacenamiento, transporte y seguros.
- Evita la compra de materiales no necesarios y su deterioro.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas implicadas.
- Provoca un mayor sentido de la clasificación y la economía, menor cansancio físico y mayor facilidad de operación.

Para Poner en práctica la 1ra S debemos hacernos las siguientes preguntas:

1. ¿Qué debemos tirar?
2. ¿Qué debe ser guardado?
3. ¿Qué puede ser útil para otra persona u otro departamento?
4. ¿Qué deberíamos reparar?
5. ¿Qué debemos vender?

Ilustración 4: Consumibles del taller de mantenimiento Yazaki.



3.3.2 **Organizar (SEITON).** La organización es el estudio de la eficacia. Es una cuestión de cuan rápido uno puede conseguir lo que necesita, y cuan rápido puede devolverla a su sitio nuevo. Cada cosa debe tener un único, y exclusivo lugar donde debe encontrarse antes de su uso, y después de utilizarlo debe volver a él. Todo debe estar disponible y próximo en el lugar de uso.²

Tener lo que es necesario, en su justa cantidad, con la calidad requerida, y en el momento y lugar adecuado nos llevará a estas ventajas:

- Menor necesidad de controles de stock y producción.
- Facilita el transporte interno, el control de la producción y la ejecución del trabajo en el plazo previsto.
- Menor tiempo de búsqueda de aquello que nos hace falta.
- Evita la compra de materiales y componentes innecesarios y también de los daños a los materiales o productos almacenados.
- Aumenta el retorno de capital.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas.
- Provoca una mayor racionalización del trabajo, menor cansancio físico y mental, y mejor ambiente.

Para tener claros los criterios de colocación de cada cosa en su lugar adecuado, responderemos las siguientes preguntas:

1. ¿Es posible reducir el stock de esta cosa?
2. ¿Esto es necesario que esté a mano?
3. ¿Todos llamaremos a esto con el mismo nombre?
4. ¿Cuál es el mejor lugar para cada cosa?

Ilustración 5: Área de herramientas del taller de mantenimiento Yazaki.

² Ibid.



3.3.3 Limpiar (SEISO). La limpieza la debemos hacer todos. Es importante que cada uno tenga asignada una pequeña zona de su lugar de trabajo que deberá tener siempre limpia bajo su responsabilidad. No debe haber ninguna parte de la empresa sin asignar. Si las personas no asumen este compromiso la limpieza nunca será real.³

Toda persona deberá conocer la importancia de estar en un ambiente limpio. Cada trabajador de la empresa debe, antes y después de cada trabajo realizado, retirara cualquier tipo de suciedad generada. Un ambiente limpio proporciona calidad, seguridad, además de:

- Mayor productividad de personas, máquinas y materiales, evitando hacer cosas dos veces
- Facilita la venta del producto.
- Evita pérdidas y daños materiales y productos.
- Es fundamental para la imagen interna y externa de la empresa.

Para conseguir que la limpieza sea un hábito tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Todos deben limpiar utensilios y herramientas al terminar de usarlas y antes de guardarlos.

³ Ibid.

2. Las mesas, armarios y muebles deben estar limpios y en condiciones de uso.
3. No debe tirarse nada al suelo
4. No existe ninguna excepción cuando se trata de limpieza. El objetivo no es impresionar a las visitas sino tener el ambiente ideal para trabajar a gusto y obtener la Calidad Total

Ilustración 6: Mueble de herramientas taller de mantenimiento Yazaki.



3.3.4 **Estandarizar (SEIKETSU).** La estandarización se enfoca en mantener la higiene. Quien exige y hace calidad cuida mucho la apariencia. En un ambiente limpio siempre habrá seguridad. Una técnica muy usada es el “visual management”, o gestión visual. Esta Técnica se ha mostrado como sumamente útil en el proceso de mejora continua.⁴

La estandarización ofrece las siguientes ventajas:

⁴ Ibid.

- Facilita la seguridad y el desempeño de los trabajadores.
- Evita daños de salud del trabajador y del consumidor.
- Mejora la imagen de la empresa interna y externamente.
- Eleva el nivel de satisfacción y motivación del personal hacia el trabajo.

Para lograr una estandarización debemos tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Se deben colocar avisos informativos en el área de trabajo.
2. Se deben asignar responsables por cada área
3. De ser posible, colocar siluetas que recuerden la ubicación de alguna herramienta.
4. Se deben realizar auditorías de puestos de trabajo al menos mensualmente.

Ilustración 7: Estandarización de caja de herramientas Yazaki.



3.3.5 **Disciplina (SHITSUKE).** Disciplina no significa que habrá unas personas pendientes de nosotros preparados para castigarnos cuando lo consideren oportuno. Disciplina quiere decir voluntad de hacer las cosas como se supone se deben hacer. Es el deseo de crear un entorno de trabajo en base de buenos hábitos. Mediante el entrenamiento y la formación para todos (¿Qué queremos hacer?) y la puesta en práctica de estos conceptos (¡Vamos hacerlo!), es como se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos.⁵

En definitiva, se trata de mantener la mejora alcanzada con las 4 S anteriores, hacer un hábito más de nuestros quehaceres. Es el crecimiento a nivel humano y personal a nivel de autodisciplina y autosatisfacción.

Ilustración 8: Día común de trabajo en el taller de mantenimiento Yazaki.



⁵ Ibid.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LOS PILARES I, II Y III DEL TPM

A continuación, se presentarán las implementaciones de los tres primeros pilares del Mantenimiento Productivo Total en las máquinas automáticas de corte AC90 de Yazaki Ciemel S.A.

4.1 PILAR I (MEJORA ENFOCADA) – IMPLEMENTACIÓN

La mejora enfocada fue realizada en el marco de la convención de KAIZEN de Yazaki Ciemel S.A. (octubre 2018), y se basó en la reducción del desgaste de las correas de alimentación en las máquinas automáticas de corte AC90 de Yazaki Ciemel S.A.

4.1.1 Selección del tema (Paso 0). En la elección del tema de mejora utilizamos como base de discusión las ocho pérdidas principales en la industria manufacturera.

Tabla 4: Las ocho pérdidas principales de la industria

PERDIDAS	DEFINICIÓN	UNIDADES	EJEMPLO
1. Pérdidas de paradas programadas	Tiempo de producción perdido cuando para la producción para el mantenimiento planificado anual o el servicio periódico.	Días	Trabajo en la parada, servicios periódicos, inspecciones reglamentarias, inspecciones autónomas, trabajos de reparaciones generales.
2. Pérdidas por ajustes de producción	Tiempo perdido cuando cambios en demanda o suministro exigen ajustes en los planes de producción.	Días	Parada por ajuste de producción, por reducción de stock.

3. Pérdidas por fallos de procesos	Tiempo perdido cuando el equipo pierde súbitamente sus funciones específicas.	Horas	Fallo de bombas, motores, quemadores, cojinetes, operación errónea
4. Pérdidas por fallos de equipos	Tiempo perdido en paradas debidas a factores externos tales como cambios en las propiedades químicas o físicas de los materiales procesados, errores de operación, materiales defectuosos.	Horas	Fugas, derrames, obstrucciones, corrosión, erosión, operación errónea.
5. Pérdidas de producción normales	Pérdida de la tasa estándar y tiempo en arranques, paradas o cambios de utillaje.	Reducción de tasa Horas	Reducción de la tasa de operación durante el periodo de calentamiento, periodo de enfriamiento antes de una parada
6. Pérdidas de producción anormales	Pérdida de tasa de producción cuando la planta rinde por debajo del estándar debido a disfunciones o anomalías.	Reducción de tasa	Operación con baja carga, baja velocidad, tasa de producción por debajo del estándar
7. Pérdidas por defectos de calidad.	Pérdidas ocasionadas por la fabricación de productos rechazables.	Horas Toneladas Dólares	Pérdidas de tiempo y de producto por incumplimiento de los estándares de calidad
8. Pérdidas por reprocesos	Pérdidas de reciclaje debidas a tener que devolver el material al proceso anterior	Horas Toneladas Dólares	Reciclaje de producto no conforme para hacerlo aceptable

Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de procesos, Madrid-España: TGP-HOSHIN 1995.

Pág. 27

Luego de discutir las ocho pérdidas principales de la industria, decidimos abordar la pérdida por fallos de equipos. Una de las razones principales para decidir el enfoque de la mejora fue la amplia base de datos que posee Yazaki Ciemel en temas de producción (SI-YCL).

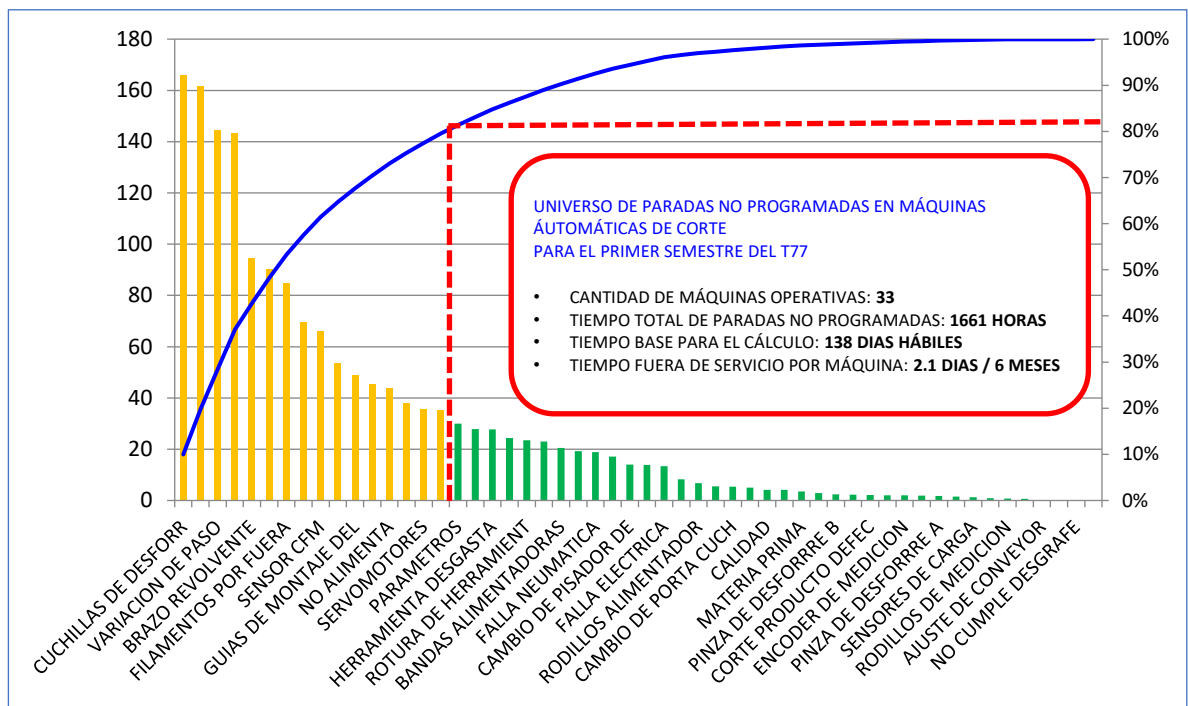
Ilustración 9: Conformación del grupo Kaizen DETECTAR



4.1.2 Comprender la situación (Paso 1). En este paso se analizaron los tiempos de reparación de las máquinas automáticas de corte para un periodo de 6 meses. La información fue extraída de la base de datos de producción SI-YCL. Los tiempos de reparación de las máquinas son reportados automáticamente por las operarias desde cada estación de trabajo. Existe una ventana de reporte de averías que informa en tiempo real al sistema SI-YCL. En el taller de mantenimiento, los técnicos de mantenimiento son alertados por medio de una estación computarizada. Adicionalmente se tiene implementado el sistema de andón por radio, el cual agiliza el escalamiento de la falla e la persona adecuada.

En el siguiente gráfico, se muestran los resultados del primer filtrado de asistencias de mantenimiento a máquinas automáticas de corte.

Ilustración 10: Asistencias de reparaciones en horas



Como se puede observar, existen 16 causas comunes que representan el 80% del tiempo de reparación empleado en las máquinas automáticas de corte.

Debido a la gran cantidad de información, fue necesario realizar un segundo filtrado, el cual nos indica de una manera más clara las fallas, la ponderación del impacto en la suma global de reparaciones a máquinas, y también los resultados de las posibles causas raíces.

Tabla 5: Fallas en máquinas de corte con las respectivas causas raíces.

FALLAS	TOTAL (HORAS)	FRACCIÓN	SUMATORIA	CAUSA RAIZ
Cuchillas de desforre	165.94	13%	13%	Enredo De cable
Aspereza	161.59	12%	25%	Operacional
Variación de paso	144.6	11%	36%	Preventivo aplicadores
Unidad de inserción	143.53	11%	47%	Materia prima
Brazo revolvente	94.77	7%	54%	Enredo De cable
Boca campana	90.47	7%	61%	Preventivo aplicadores

Filamentos por fuera	84.77	6%	67%	Enredo De cable
Terminal torcida	69.45	5%	72%	Operacional
Sensor de fuerza	66.28	5%	77%	Preventivo aplicadores
Ajuste de paso	53.6	4%	81%	Preventivo aplicadores
Guias del aplicador	48.9	4%	85%	Maquinaria
Enredo de terminal	45.33	3%	88%	Operacional
Falla de alimentación	43.93	3%	92%	Preventivo aplicadores
Sensor de despunte	38.08	3%	95%	Maquinaria
Servomotores	35.86	3%	97%	Maquinaria
Cambio de bomper	35.25	3%	100%	Operacional

La tabla anterior muestra las asistencias de reparaciones ponderadas y el resultado de los análisis causas raíces ejecutados por cada reparación.

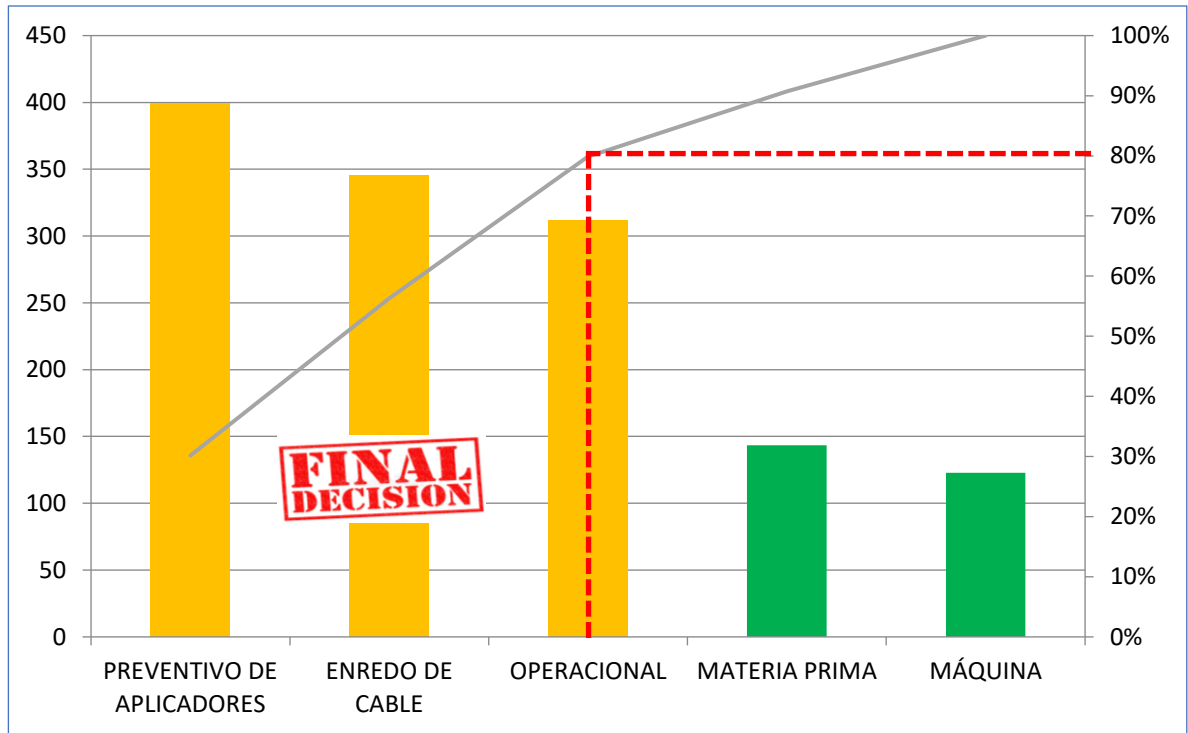
En el tercer filtrado se ponderan las causas raíces de las fallas. Se observan solo cinco causas raíces, las cuales permiten la orientación de los esfuerzos.

Tabla 6: Síntesis de causas raíces para fallas en máquinas de corte.

CAUSA RAZ PROBABLE	TOTAL	INCIDENCIA	SUMATORIA
PREVENTIVO DE APLICADORES	398.88	30%	30%
ENREDO DE CABLE	345.48	26%	56%
OPERACIONAL	311.62	24%	80%
MATERIA PRIMA	143.53	11%	91%
MÁQUINA	122.84	9%	100%

En el siguiente gráfico se muestra el análisis Pareto de las cinco causas raíces ponderadas

Ilustración 11: Análisis Pareto de las cinco causas raíces.



Como se puede observar, se tienen tres causas raíces, las cuales representan en 80% de las asistencias de reparaciones totales.

Para la decisión final se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

- En cuanto al mantenimiento preventivo de aplicadores: En este aspecto, se implementó una mejora desde el año 2017, la cual consiste en focalizar el mantenimiento preventivo por horas de desempeño, en este caso; el aplicador que supere los 200.000 circuitos producidos ingresa al mantenimiento preventivo. Esta estrategia ha venido reduciendo las asistencias de reparaciones notoriamente. Para el caso de esta mejora enfocada no se tendrá en cuenta la causa raíz de mantenimiento preventivo de aplicadores.
- En cuanto a las causas operacionales: Este aspecto es producto de las siguientes pérdidas: puesta a punto, producción a baja velocidad, múltiples

cambios de receta. Al observar que se presentan varios aspectos sumados en una causa, no es recomendable apuntar una mejora, ya que; a pesar de los esfuerzos, puede que el resultado sea afectado por las demás variables involucradas. Por esta razón, se decide no tomar en cuenta la causa raíz de temas operacionales.

- Finalmente se evalúa la causa del enredo de cable en máquinas automáticas de corte, en donde se evidencia que el enredo en las máquinas automáticas de corte es ocasionado en su mayoría por una falta de detección temprana de materia prima defectuosa. El cable suministrado a la maquinaria en oportunidades ingresa enredado y ocasiona fuertes daños en el sistema de alimentación (que en este caso es por correas de uretano).

4.1.3 Descubrir y eliminar las anomalías (Paso 2). En este paso se verificaron las condiciones básicas de la máquina automática de corte. Se planifica con la gerencia de producción una ventana operacional para intervenir las máquinas automáticas de corte y revertir el deterioro.

Con una negociación de intervenir dos máquinas por semana (cada máquina contaba con dos días de intervención), se procedió a la ejecución del plan de mantenimiento mayor en máquinas automáticas de corte.

A continuación, se presenta la programación del mantenimiento mayor de las máquinas de corte automático.

Ilustración 12: Plan de mantenimiento mayor en máquinas de corte



PROGRAMACION ANUAL

Version 1
RC-026

Fecha >= 17/09/2018 - Fecha <= 31/12/2019 - Contrato = 2019-AC81/AC90 N° IV (MAYOR)

CONVENCIONES:

N

Los cuadros en gris, indican las fechas de visitas programadas y el número (N), la cantidad de servicios para el mismo día.

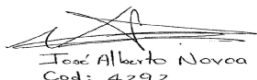
Los cuadros vacios representan las fechas donde no hay visitas programadas.

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
SEP - 2018																	1		1					1		1					
OCT - 2018		2		1				1		1						1		1				1		1					1		1
NOV - 2018						1		1					1		1				1		1										
MAY - 2019						1		1					1		1						1										
JUL - 2019	15																														
SEP - 2019																															
OCT - 2019		1						1		1				2		1						1		1		1			1		1
NOV - 2019				1		1						1		1					1		1				1		1				

Durante cada intervención se reemplazaron piezas de desgaste que contribuyeron a colocar la maquinaria en condiciones iniciales de diseño.

A continuación, se presenta uno de órdenes de trabajo diligenciada durante la ejecución del mantenimiento mayor de las máquinas automáticas de corte.

Ilustración 13: Orden de trabajo de un mantenimiento mayor

		AA-ME-xx-F-080	ORDEN DE TRABAJO OM - 9529		Fecha de Revisión 14/10/2017 Nivel de Revisión 001																						
DATOS DEL CLIENTE																											
S. EXTERNO: X S. TALLER:	F. OT: 18/09/2018 06:00:00 a.m.		Prioridad: Media	SERVICIO: Preventivo																							
NEGOCIO: Yazaki Ciemel S.A DIRECCION: AUTO NORTE KM 21 CHIA	AREA: MÁQUINAS AUTOMÁTICAS CIUDAD: CHIA																										
DATOS DEL EQUIPO																											
EQUIPO: [M014527][AC81G] MODELO: AC81G UBICACION: M31 BODEGA 3 SOFASA	MARCA: YAZAKI ACTIVO: 14527																										
TECNICOS ASIGNADOS																											
Nombre: Jose Alberto Novoa		Fecha: 17/09/2018		H inicio: 06:00:00 a.m.																							
TRABAJOS REALIZADOS																											
H. Inicio	H. Fin	Fecha	Reporte	Trabajos																							
06:00:00 a.m.	07:46:00 a.m.	18/septiembre/2018	9271	Desmonte de todos los sistemas que componen la maquina. Verificación de partes y se cambian las siguientes piezas. <table border="0"> <tr> <td>48UP300053 (8)</td> <td>AC80WC (5)</td> </tr> <tr> <td>48UP300534 (10)</td> <td>48AC80E108 (1)</td> </tr> <tr> <td>48BB10A529 (2)</td> <td>48AC80Y069 (6)</td> </tr> <tr> <td>48AC81X535 (2)</td> <td>48UP300566 (1)</td> </tr> <tr> <td>48AC81X524 (8)</td> <td>48AC80M027 (1)</td> </tr> <tr> <td>48AC81X038 (2)</td> <td>48AC81X512 (4)</td> </tr> <tr> <td>6201ZZ (4)</td> <td>48DC100020 (1)</td> </tr> <tr> <td>6002ZZ (1)</td> <td>48AC80M534 (1)</td> </tr> <tr> <td>48AC81X011 (1)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AC810S (4)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AC815S (4)</td> <td></td> </tr> </table> Se realiza montaje de partes lubricacion, calibración servos, cfm, etc, según parámetros de manual de fabricante. Se realiza pruebas de despunte y funcionamiento de maquina en general. Se entrega a preproducción.		48UP300053 (8)	AC80WC (5)	48UP300534 (10)	48AC80E108 (1)	48BB10A529 (2)	48AC80Y069 (6)	48AC81X535 (2)	48UP300566 (1)	48AC81X524 (8)	48AC80M027 (1)	48AC81X038 (2)	48AC81X512 (4)	6201ZZ (4)	48DC100020 (1)	6002ZZ (1)	48AC80M534 (1)	48AC81X011 (1)		AC810S (4)		AC815S (4)	
48UP300053 (8)	AC80WC (5)																										
48UP300534 (10)	48AC80E108 (1)																										
48BB10A529 (2)	48AC80Y069 (6)																										
48AC81X535 (2)	48UP300566 (1)																										
48AC81X524 (8)	48AC80M027 (1)																										
48AC81X038 (2)	48AC81X512 (4)																										
6201ZZ (4)	48DC100020 (1)																										
6002ZZ (1)	48AC80M534 (1)																										
48AC81X011 (1)																											
AC810S (4)																											
AC815S (4)																											
RECOMENDACIONES																											
Pedir repuestos ya que no hay existencias. 48UP300536 (12) 48UP300600 (4) 48AC81X041 (1) 48AC81X066 (1) 48AC81X067 (1)																											
PLANEACION DE OT																											
Item	Descripcion																										
Actividades																											
1	A. AC81-90 Cuerpo principal de la máquina				Realizada																						
2	X. AC81-90 Alimentación de cable				Realizada																						
3	D. AC81-90 Giro				Realizada																						
4	E. AC81-90 Corte, Desforre y transporte				Realizada																						
5	F. AC81-90 Servos de grafado de la máquina				Realizada																						
6	M. AC81-90 Transporte				Realizada																						
7	N. AC81-90 Grafado				Realizada																						
8	S. AC81-90 Riel estándar horizontal)				Realizada																						
9	K. AC81-90 Suministro de cable				Realizada																						
H. Inicio	H. Fin	Fecha	Nº de Reporte	Firma Técnico	Firma Coordinador																						
06:00:00 a.m.	07:46:00 a.m.	18/septiembre/2018	9271	 Jose Alberto Novoa Cod: 4292	 Jose Alberto Novoa Cod: 4292																						

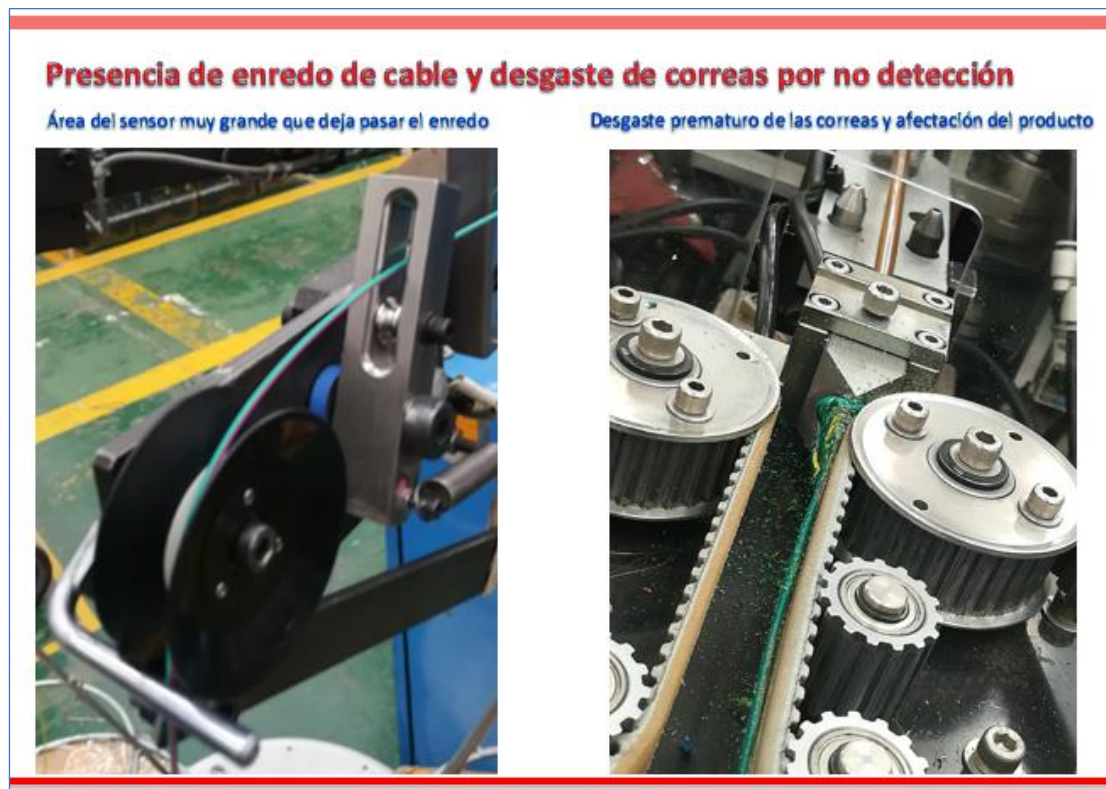
Fuente: Software de administración del mantenimiento moderno (SAMM) Yazaki Ciemel S.A.

4.1.4 Analizar causas (Paso 3). Por medio del método de observación, se determinó que la máquina automática de corte deja pasar el enredo de cable al sistema de alimentación. Esto ocurre porque el sensor de enredo original posee espacio suficiente para que un nudo de cable ingrese. Al ingresar el cable enredado al sistema de alimentación, las correas de uretano intentan dar arrastre a un cable que está atorado.

Las correas de uretano son sensibles a la fricción y el calor, por eso el desgaste prematuro al tratar de arrastrar un cable atorado, que en pocos minutos pierde el PVC y queda solo el cobre desnudo.

A continuación, se muestra el sensor de enredo de cable original de la maquina y un enredo de cable que ocasionó el cambio de las correas de alimentación.

Ilustración 14: Sensor de enredo de cable original



4.1.5 **Plan de mejora (Paso 4).** En este punto estábamos convencidos que la mejor manera para que el sensor de enredo detectara efectivamente el cable defectuoso era reduciendo su área de trabajo, es decir; el área por donde se enhebra el cable.

Se toma la iniciativa de colocar una boquilla de cerámica que se utiliza en otros sistemas de corte similares, con la intención de reducir el área de enhebrado sin afectar la calidad de la materia prima.

Se tiene como salvaguarda que el material cerámico no genera calor al momento de la fricción con cables de PVC.

A continuación, se presenta la boquilla seleccionada y el referencial japonés.

Ilustración 15: Boquilla cerámica con referencial japonés

Colocación de boquilla en cerámica en el sensor de enredo de cable



Machine and Parts (HIB)

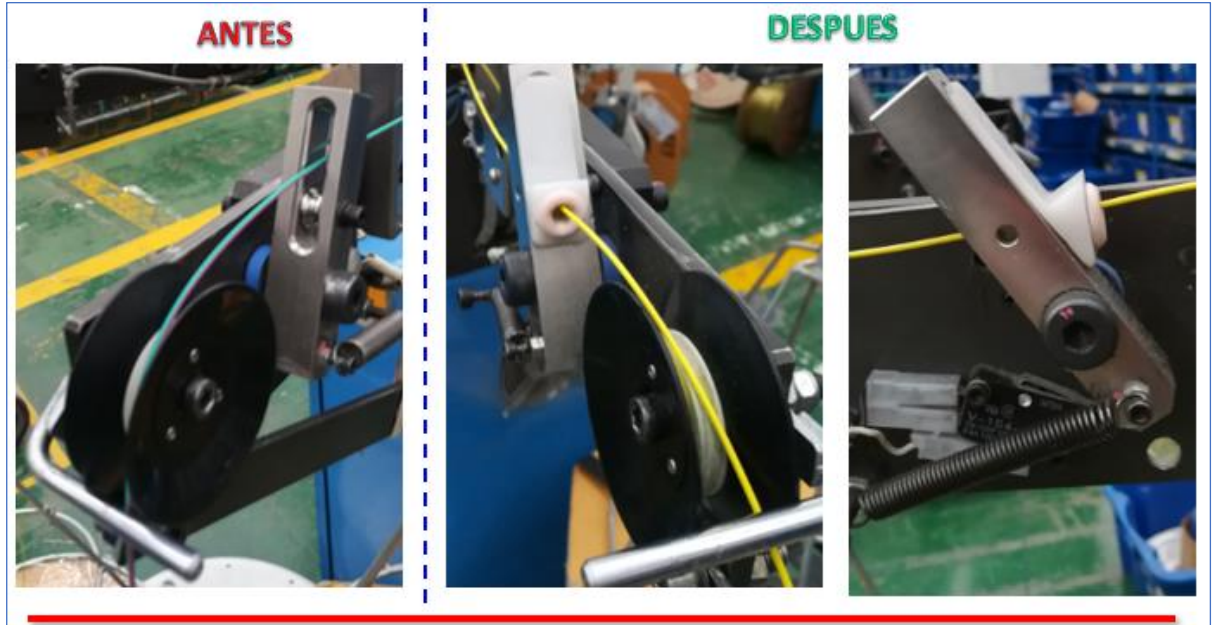
Delete	
Parts Code NO	S104158A
Unit	PC
Parts Name English	EYELET GUIDE
Parts Name Japanese	アイレットガイド
Type	AC90
Maker	SHINMAYWA
Maker Type	S104158A
Crimping Dies Flag	
Parts Type	Parts
Main Flag	Checker Fixture
Supplier Lead Time	0
Reference Price	10.28
Currency	USD
Net Weight	0.000 KG
Country of Origin	JPN: JAPAN
Kind Code	
Second Code	465BC
Optional Information	▼
Update Date	2018-06-20 21:44:40
Create Date	2010-11-11 20:33:56

4.1.6 Implantar mejora (Paso 5). En la implementación de la mejora se realizó una compra de boquillas por el orden del 1.400.000 COP. Adicionalmente se fabricaron piezas en acetal para soportar las cerámicas. Las piezas en acetal costaron 150.000 pesos y fueron fabricadas por nuestro taller de mecanizados.

La mejora fue implementada por el técnico de mantenimiento preventivo durante un fin de semana festivo (se utilizó el domingo y el lunes festivo para implantar las boquillas). Se emplearon 8 H/H para la fabricación de los soportes en acetal y 32 H/H para la instalación de las boquillas en las máquinas, en total 40 H/H para implementar la mejora enfocada.

A continuación, se presenta una imagen del antes y el después de la implementación de boquillas cerámicas.

Ilustración 16: Antes y después de la colocación de boquilla cerámica

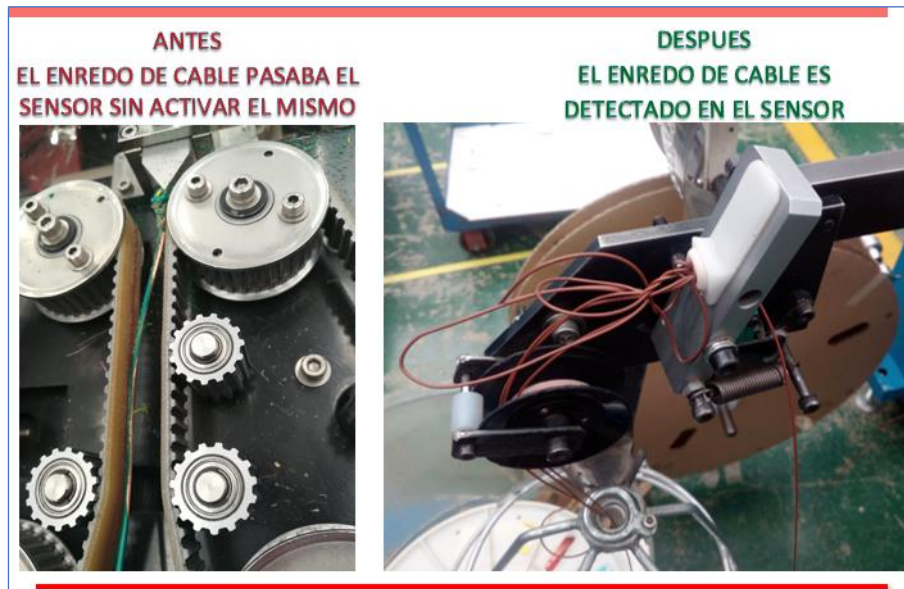


4.1.7 Chequear resultados (Paso 6). Luego de la implementación de boquillas, se recopilaron datos por un mes con el fin de verificar los resultados de la implantación. A continuación, se presentan algunos aspectos evidenciados:

- El enredo de cable fue detectado inmediatamente por la máquina
- La boquilla en cerámica no permitió que el nudo de cable ingresara a la unidad de alimentación
- Las correas de uretano no procesaron material defectuoso.
- EL sensor de enredo incrementó su activación por turno de operación
- El producto defectuoso registrado por la operaria disminuyó con base al mes anterior (esto debido al maltrato que sufría el cable al momento de un enredo no detectado)

A continuación, se mostrará el funcionamiento de la boquilla en cerámica con un antes y un después.

Ilustración 17: Funcionamiento de la boquilla cerámica



4.1.8 Consolidar beneficios (Paso 7). Para lograr un análisis consistente de los beneficios, se dejó un margen de un mes para monitorear las asistencias en máquinas automáticas de corte por reemplazos de correas de uretano, y el resultado es el siguiente:

- Se redujo el consumo de 18 a 13 correas de uretano por mes.
- Se generó un ahorro de 650.000 COP al mes
- Con el nivel de ahorro mensual, la inversión se retornó en poco menos de 3 meses

Anteriormente el almacén de repuestos manejaba un inventario de 28.080.000 COP en correas de alimentación. Hoy en día maneja 20.280.000 COP, esto equivale a una reducción del 27% solamente en correas de alimentación.

Con estos resultados se proclama el Kaizen como exitoso, y se normaliza la utilización de boquillas cerámicas en el sensor de enredo de máquinas automáticas de corte de Yazaki Ciemel S.A. Con el apoyo del Equipment Quality Assurance Dept., se ingresa el ítem de “Condición de detección de tensión” en el formato de mantenimiento autónomo de la máquina.

Ilustración 18: Estándar de mantenimiento autónomo sensor de enredo.

Condición de detección de tensión		Preparado (fecha) 2014/4/9	Aprobado	Confirmado	Preparado	No. de Procedimiento de Inspección de Maq.
Procedimiento de Inspección diaria		Preparado por: Equipment Quality Assurance Dept.	[2]			MED-MC-AC90-010-02
 		Estándar La máquina para cuando se detecta una tensión durante la alimentación. Método de inspección 1) Cambiar al modo de Prueba. 2) Inclinar la leva de detección de tensión por empujar la parte inferior a la dirección de flecha durante alimentación. 3) Confirmar que la máquina para. (Se muestra error.) 4) Pulsar el botón de parada de emergencia. 5) Realizar el retorno a la posición de origen. (Girar el botón de parada de emergencia a la derecha y pulsar el botón START.) *En caso de tipo de cambio de 2 cables, inspeccionar ambos lados (A y B). Contramedida para anomalía Chequear el cableado de sensor.				
		Falla posible debido a NO- inspección Si no realiza esta inspección: No se puede detectar un exceso de tensión y ocurre ruptura de cable, corte de hilo o daño de cable.				
(4)			(7)			Documento de referencia:
(3)			(6)			MPPS Appendix CMSD-0103-002
(2)	2018/6/22	Cambio de nombre de departamento	Watanabe	(5)		
Rev. Año/Mes/Día		Descripción	Revisado por	Rev. Año/Mes/Día	Descripción	Revisado por

Fuente: Equipment Quality Assurance Dept (Yazaki Japón).

A continuación, se presenta la imagen con la que se sustentan los beneficios de la implementación de boquillas cerámicas en máquinas automáticas de corte, y los integrantes del grupo Kaizen que desarrolló la mejora.

Ilustración 19: Sustentación del beneficio de las boquillas de cerámica.

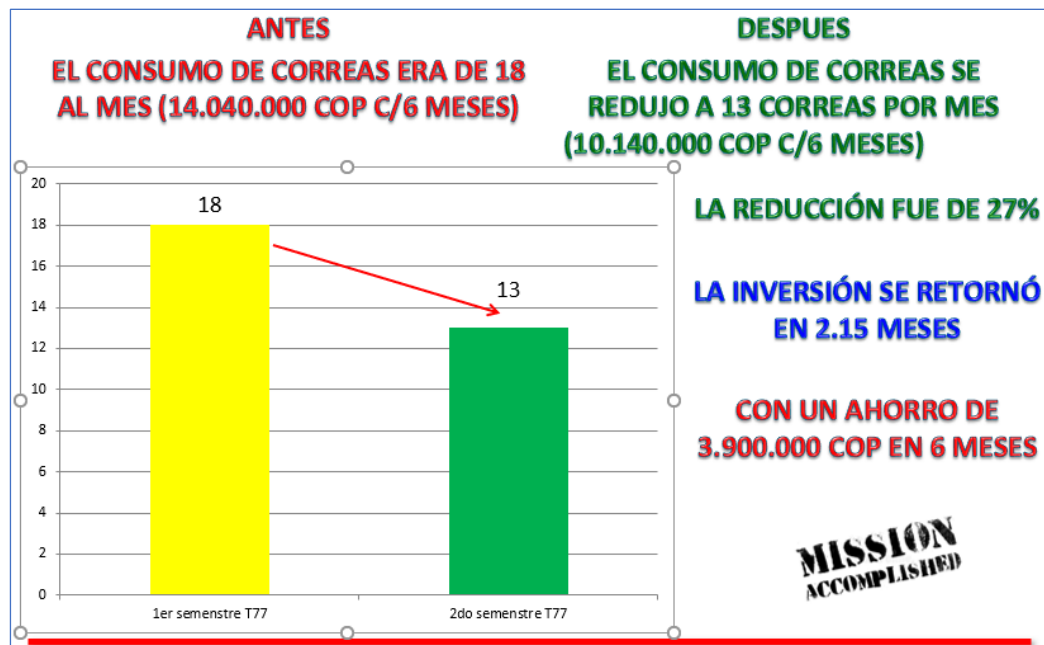


Ilustración 20: Integrantes del equipo Kaizen DETECTAR.

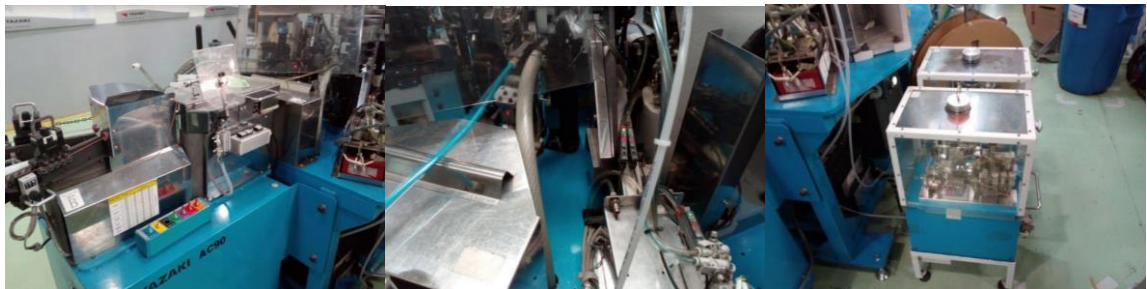


4.2 PILAR II (MANTENIMIENTO AUTÓNOMO) – IMPLEMENTACIÓN

En este pilar se fusionan los departamentos de producción y de mantenimiento para alcanzar la máxima productividad del proceso de corte.

4.2.1 Realizar limpieza inicial (Paso 1). Debido a que el mantenimiento mayor de la máquina ya fue ejecutado, muchas de las actividades de este paso se encuentran ejecutadas, solo se mostrarán algunas imágenes de la máquina en condiciones básicas de higiene.

Ilustración 21: Máquina de corte luego de aplicar higiene.



4.2.2 Fuentes contaminantes y lugares inaccesibles (Paso 2). En este paso nos enfocaremos más en un lugar inaccesible que por diseño las máquinas automáticas de corte poseen (puesta a punto unidad de inserción de sello).

Durante el proceso de puesta a punto, la operaria debe oprimir varios botones que se encuentran dentro del sistema de corte. Esta acción obliga a la utilización de un bastón plástico para oprimir el mando.

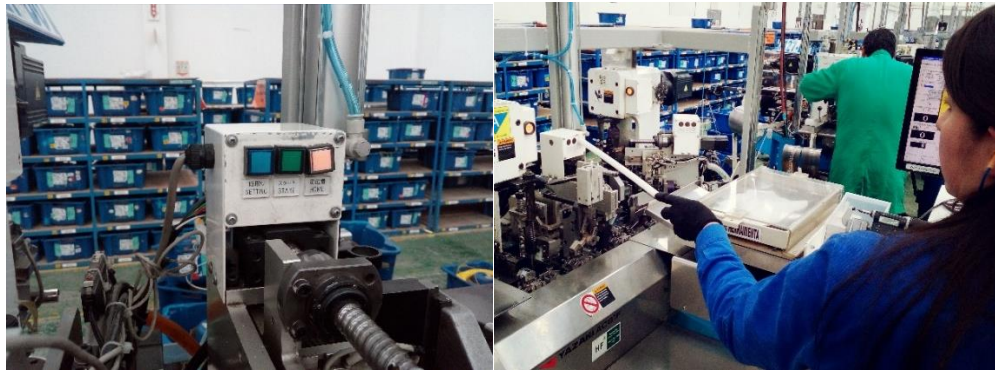
Dentro de las desventajas de esta operación se encuentran la siguiente:

- Necesidad de subir la guarda de seguridad para colocar en servicio la unidad de inserción de sello.

- Daño acelerado de los botones de mando por el uso de un bastón para oprimirlos.
- A pesar que con la guarda en posición abierta la máquina no opera, existe un peligro potencial de atrapamiento para el operador.

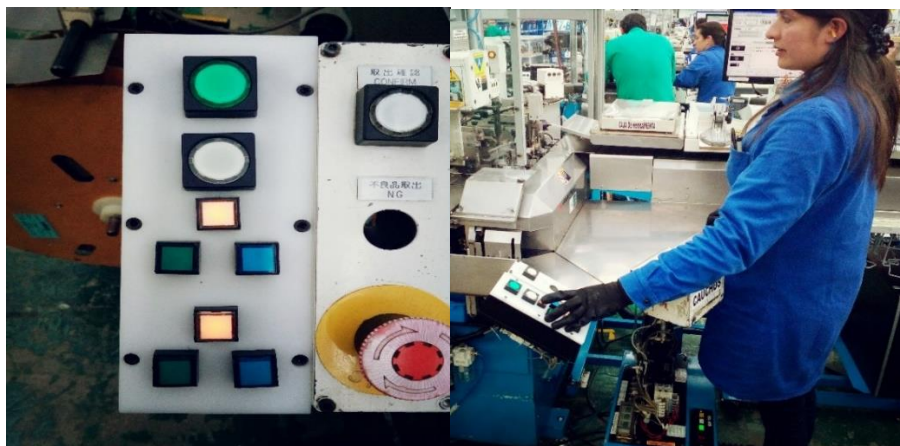
A continuación, se presentan imágenes de la condición original de diseño de la máquina, donde se puede observar el lugar donde estaban los botones.

Ilustración 22: Ubicación antigua de la botonera.



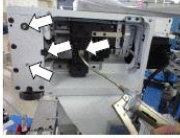
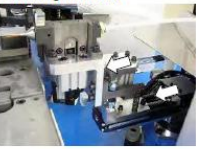
Se realizó una reubicación de la botonera de unidad de sello con el propósito de reducir el riesgo de atrapamiento y minimizar los tiempos de puesta a punto (al no tener que subir y bajar la guarda de seguridad la puesta a punto es más rápida).

Ilustración 23: Nueva ubicación de la botonera.



4.2.3 **Estándares de limpieza y lubricación (Paso 3).** En este paso recibimos estándares corporativos de Japón y realizamos la capacitación del personal en la implementación de los mismos.

Ilustración 24: Condición de lubricación 1/2.

Condición de lubricación (1/2)		Preparado (fecha): 2014/4/9	Aprobado:	Confirmado:	Preparado:	No. de Procedimiento de Inspección de Maq. MED-MC-AC90-125-02																																																																		
Procedimiento de Inspección periódica		Preparado por: Equipment Quality Assurance Dept.	[2]																																																																					
Máquina de prensa A, B  Parte de Corte/Desforre  Unidad giratoria A 		Estándar Realizar lubricación conforme a la tabla siguiente: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>Ubicación</th> <th>Acetite que se debe utilizar</th> <th>Acetite recomendado</th> <th>Frecuencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">1</td> <td>Esprizador del pistón de la conexión</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>Esprizador de la guía LM</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>Esprizador y agujero de conexión</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>Esprizador de tornillo de bola</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Parte de corte y tornillo de bola</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Unidad de giro A</td> <td>Esprizador de eje Y</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">4</td> <td>Banda de alimentación B</td> <td>Resol de eje Z de activación directa</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>Esprizador de eje Y</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Unidad de giro B</td> <td>Resol de eje Z de activación directa</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Montaña B</td> <td>Grase</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Guarda de seguridad</td> <td>Esprizador de la guía LM</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Cortador de producto defectuoso</td> <td>Superficie deslizable</td> <td>Acetite mineral</td> <td>Grasa THK-APB</td> <td>Una vez/mi</td> </tr> </tbody> </table>				Nº	Ubicación	Acetite que se debe utilizar	Acetite recomendado	Frecuencia	1	Esprizador del pistón de la conexión	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	Esprizador de la guía LM	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	Esprizador y agujero de conexión	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	Esprizador de tornillo de bola	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	2	Parte de corte y tornillo de bola	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	3	Unidad de giro A	Esprizador de eje Y	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	4	Banda de alimentación B	Resol de eje Z de activación directa	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	Esprizador de eje Y	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	5	Unidad de giro B	Resol de eje Z de activación directa	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	6	Montaña B	Grase	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	7	Guarda de seguridad	Esprizador de la guía LM	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi	8	Cortador de producto defectuoso	Superficie deslizable	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi
Nº	Ubicación	Acetite que se debe utilizar	Acetite recomendado	Frecuencia																																																																				
1	Esprizador del pistón de la conexión	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																				
	Esprizador de la guía LM	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																				
	Esprizador y agujero de conexión	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																				
	Esprizador de tornillo de bola	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																				
2	Parte de corte y tornillo de bola	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																				
3	Unidad de giro A	Esprizador de eje Y	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																			
4	Banda de alimentación B	Resol de eje Z de activación directa	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																			
	Esprizador de eje Y	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																				
5	Unidad de giro B	Resol de eje Z de activación directa	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																			
6	Montaña B	Grase	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																			
7	Guarda de seguridad	Esprizador de la guía LM	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																			
8	Cortador de producto defectuoso	Superficie deslizable	Acetite mineral	Grasa THK-APB	Una vez/mi																																																																			
		Falla posible debido a NO- inspección Si no realiza esta inspección: La máquina no funciona y para.																																																																						
(4)		(7)				Documento de referencia: MED-AC90series-MA-JP-24																																																																		
(3)		(6)																																																																						
(2)	2018/6/22	Cambio de nombre de departamento	Watanabe	(5)																																																																				
Rev.	Año/Mes/Día	Descripción	Revisado por	Rev.	Año/Mes/Día	Descripción																																																																		

Fuente: Equipment Quality Assurance Dept (Yazaki Japón).

Ilustración 25: Condición de lubricación 2/2.

Condición de lubricación (2/2)		Prepared on: 2014/4/9	Approved:	Checked:	Prepared:	Equipment Inspection Procedure No. MED-MC-AC90-125-02
Equipment Periodic Inspection Procedure		Prepared by: Equipment Quality Assurance Dept.	[2]			
Parte de banda de alimentación  Unidad giratoria B  Guarda de seguridad  Cortador de producto defectuoso 		Possible effect of non inspection Si no realiza esta inspección: La máquina no funciona y para.				
(4)		(7)				Relevant document: MED-AC90series-MA-JP-24
(3)		(6)				
(2)	2018/6/22	Cambio de nombre de departamento	Watanabe	(5)		
Rev.	YY/MM/DD	Description	Rev. by	Rev.	YY/MM/DD	Description

Fuente: Equipment Quality Assurance Dept (Yazaki Japón).

4.2.4 Inspección general del equipo (Paso 4). Para la inspección diaria del equipo nos soportamos en el Equipment Quality Assurance Dept (Yazaki Japón). Se recibieron tiempos estándares por cada actividad y la ruta de inspección diaria del equipo. En definitiva; el operario necesita 9 minutos por cada turno para inspeccionar el equipo.

Ilustración 26: Tiempos estándar para inspeccionar el equipo.

No. de Control MED-MC-AC90001-10				Página 1 de 4		
Estándar de Inspección de Equipo				Preparado(Fecha): April 9, 2014		
				Preparado por: Equipment Quality Assurance Dept. Manufacturing Engineering Subdivision. [8]		
				Aprobado	Confirmado	Preparado
Nombre de Máquina	Máquina automática de Corte y Prensado			En caso de anomalía:		
Modelo de Máquina	AC90					

Categoría	No.	Ítem	Estándar	Método	Frec.	No. de Procedimiento de Inspección de Máq.	Tiempo estándar de Inspección
	1	Presión de aire principal	0.45 - 0.55MPa	Visual	1/D	MED-MC-AC90-001-02	8S
	2	Presión de mordaza A (A-clamp)	0.35 - 0.45MPa	Visual	1/D	MED-MC-AC90-002-02	8S
	3	Presión de mordaza B (B-clamp)	0.45 - 0.55MPa (Cable grueso)	Visual	1/D	MED-MC-AC90-003-02	8S
	4	Fuerza de presión de banda de alimentación de cable	0.65 - 0.70MPa (Cable grueso)	Visual	1/D	MED-MC-AC90-004-02	8S
	5	Presión de aire de válvula amplificadora (booster valve) (Tipo AC90B)	0.25 - 0.35MPa	Visual	1/D	MED-MC-AC90-005-02	8S
	6	Fuerza de presión de rodillo de medición	0.45 - 0.55MPa (Cable grueso)	Visual	1/D	MED-MC-AC90-006-02	8S
Inspección Diaria	7	Chequeo de giro de rodillo de corrección	La marca de coincidencia está alineada.	Táctil	1/D	MED-MC-AC90-007-02	10S
	8	Chequeo de ruta de cable	Gira sin dificultad.	Táctil	1/D	MED-MC-AC90-008-03	20S
	9	Condición de detección de unión	No hay rebaba, desgaste, quebra ni daño [4]	Visual	1/D	MED-MC-AC90-009-02	15S
	10	Condición de detección de tensión	Se detecta una unión de cable (diámetro mínimo se usa en la máq.)	Chequeo de operación	1/D	MED-MC-AC90-010-02	48S
	11	Condición de detección de desforre de lado A-B ※Si KB30(LIS) no está instalado, es aplicable. [5]	Máquina debe parar cuando se detecta la tensión.	Chequeo de operación	1/D	MED-MC-AC90-011-03	16S
	12	Condición de cortador de producto defectuoso	Se detecta un defecto de desforre de cable de diámetro mínimo aplicable a la máquina. [9]	Chequeo de operación	1/D	MED-MC-AC90-012-02	35S
	13	Condiciones de desforre y conduct[7]	Se corta un terminal defectuoso cuando ocurre un defecto.	Visual	1/D	MED-MC-AC90-013-03	65S
	14	CFM (Chequeo de cambio de forma de onda)	No hay corte diagonal ni rotura de alante en la condición de desforre, daño, corte, alargamiento ni shear-eros (deformación) en los hilos [7]	Lupa (10 veces) Muestra [7]	1/D	MED-MC-AC90-014-02	20S

Fuente: Equipment Quality Assurance Dept (Yazaki Japón).

Ilustración 27: Ruta de inspección diaria de equipo.

Modelo	Hoja de Chequeo de Inspección Diaria de Equipo	Departamento	Equipment Quality Assurance Dept [6]	Aprobado	Confirmado	Preparado
AC90A	Manera de llenar: Llenar con numeros si hay valor estandar.	No. de Control	MED-MC-AC90002-08			
Máquina automática de corte y prensado	Para Otros: ○: Normal x: Anormal ◎: Corregido	Depo. de Control de Pagos		///	///	2014/7/28
		Fecha de Inspección				



No.7
No.9
No.10

No.6
No.8



No.11
No.12

No.1
No.2
No.3
No.4
No.5

No.	Item	Estandar	Método	No. de Procedimiento de Inspección de Mes.	Mes.																														
					21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Presión de aire principal	0.45 - 0.55MPa	Visual	MED-MC-AC90-001-02																															
2	Presión de mordaza A	0.35 - 0.45MPa 0.45 - 0.55MPa (Thick wire)	Visual	MED-MC-AC90-002-02																															
3	Presión de mordaza B	0.45 - 0.55MPa 0.65 - 0.70MPa (Thick wire)	Visual	MED-MC-AC90-003-02																															
4	Fuerza de presión de Banda de alimentación de cable	0.25 - 0.35MPa 0.45 - 0.55MPa (Thick wire)	Visual	MED-MC-AC90-004-02																															
5	Presión de aire de válvula amplificadora (booster valve) (Tipo AC90B)	0.7 - 0.9MPa	Visual	MED-MC-AC90-005-02																															
6	Fuerza de presión de rodillo de medición	La marca de coincidencia está alineada.	Visual	MED-MC-AC90-006-02																															
7	Chequeo de giro de rodillo de corrección	Gira sin dificultad.	Táctil	MED-MC-AC90-007-02																															
8	Chequeo de ruta de cable	No hay rebote, desgaste, quiebre ni daño. [2]	Visual	MED-MC-AC90-008-03																															
9	Condición de detección de unión	Se detecta una unión de cable (diámetro mínimo se usa en la máquina).	Visual	MED-MC-AC90-009-02																															
10	Condición de detección de tensión	Máquina debe parar cuando se detecta la tensión.	Chequeo de operación	MED-MC-AC90-010-02																															
11	Condición de detección de desformo de lado A-B (SI KB30 (US) no está instalado, es aplicable.	Se detecta un defecto de desformo de cable de diámetro mínimo especificado en la máquina. [7]	Chequeo de operación	MED-MC-AC90-011-03																															
12	Condición de cortador de producto defectuoso	Se corta un terminal defectuoso cuando ocurre un defecto.	Visual	MED-MC-AC90-012-02																															
Inspeccionado (Fecha)																																			
Confirmado por (Nombre/Fecha)																																			
Aprobado por (Nombre / Fecha)																																			

Fuente: Equipment Quality Assurance Dept (Yazaki Japón).

4.2.5 Inspección general de los procesos (Paso 5). En este paso nos dedicamos a realizar capacitaciones tanto al personal de mantenimiento como al personal de producción. La idea es que ambos departamentos comprendan el sentido de pertenencia del equipo.

Ilustración 28: Registro de capacitación higiene.

		AA-HR-xx-F-001	REGISTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN YAZAKI								Fecha de revisión 09/11/2010 Nivel de Revisión 001	
Orden y limpieza en el Taller de Aplicadores (Comunicado Oficial para el área del área).						SEDE <u>YCSA</u>		MES <u>Octubre</u> 2017.				
ITEM	FECHA	NOMBRE	CODIGO	AREA	FIRMA	FORMACIÓN (ACTIVIDAD)	TEORIA (horas o minutos)	PRÁCTICA (horas o minutos)	TIEMPO (horas o minutos)	NOMBRE DEL INSTRUCTOR		
1	20-10-17	Enay Edilson R. R.	2133	T. Aplicador	Enay Edilson R. R.	Comunicado Oficial.		X	10m	José Cobarrón		
2	20-10-17	Camilo Andrés Castillo	6274	T. Aplicad	Camilo Andrés Castillo							
3	20-10-2017	Hernando A. Cortes C.	3499	T. Aplicador	Hernando A. Cortes C.							
4	20-10-2017	Deyan Unzueta	4661	T. Aplic	Deyan Unzueta							
5	20-10-2017	Niguel Andrés Vides	5562	T. Aplicad	Niguel Andrés Vides							
6	20-10-2017	Camilo Castro	6591	T. Aplic	Camilo Castro							
7	20-10-2017	Carlos Gómez P.	5510	T. Aplicador	Carlos Gómez P.							
8	20-10-2017	José Alberto Novoa	4292	T. Aplicad	José Alberto Novoa							
9	20-10-17	Edwin Ramírez	5930	MTO	Edwin Ramírez							
10	20-10-2017	Edwin Rodríguez	5583	MTO	Edwin Rodríguez							
11	20-10-2017	Michael Bustos	3052	MTO	Michael Bustos							
12	20-10-2017	Rafael Vargas	5082	MTO	Rafael Vargas							
13	20-10-2017	Dierisson Gajevante	5140	MTO	Dierisson Gajevante							

Ilustración 29: Registro de capacitación mantenimiento preventivo.



AA-HR-xx-F-001

REGISTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN YAZAKI

Fecha de revisión

09/11/2010

Nivel de Revisión

001

Mantenimientos Preventivos en línea, Pruebas en línea, Elementos de Seguridad al momento de probar.

SEDE YCSA

MES 04-2019.

ITEM	FECHA	NOMBRE	CODIGO	AREA	FIRMA	FORMACIÓN (ACTIVIDAD)	TEORIA (horas o minutos)	PRÁCTICA (horas o minutos)	TIEMPO (horas o minutos)	NOMBRE DEL INSTRUCTOR
1	30-04-2019	Diego Torres	6309		Diego Torres				15 min	Jose Cobarr
2	30-04-19	MAURICIO SEGURA	50648		MAURICIO SEGURA					
3	30-04-19	Osair Mendoz	50632		Osair Mendoz					
4	30-04-19	Jonathan Herrera	50636		Jonathan Herrera					
5	30-04-19	Diego HERNANDEZ	40881		Diego HERNANDEZ					
6	30-04-19	Camilo Ray V	50647		Camilo Ray V					
7	30-04-19	Eván Hernández	4623		Eván Hernández					
8	30-04-19	David Ayala	6381		David Ayala					
9	30-04-19	Elmer Andrés	6839		Elmer Andrés					
10	30-04-19	Andrés Segura	6973		Andrés Segura					
11	30-04-19	MARIA ELISA HERNANDEZ	1937		MARIA ELISA HERNANDEZ					
12	30-04-19	Elizabeth Acuña	1178		Elizabeth Acuña					
13	30-04-19	Victor Rodríguez	6633		Victor Rodríguez					
14	30-04-19	Camilo Vargas	50644		Camilo Vargas					
15	30-04-19	Thon GARCIA	72012		Thon GARCIA					
16	30-04-19	José Eduardo Urbina	6551		José Eduardo Urbina					
17										

La siguiente imagen muestra la campaña masiva de concientización del mantenimiento autónomo. Esta labor fue ejecutada por el departamento de

Ilustración 30: Registro de capacitación mantenimiento autónomo.

59

4.2.6 Mantenimiento autónomo sistemático (Paso 6). Durante este paso se organizó un lugar en la maquinaria para la colocación de herramientas, piezas intercambiables como toberas y cuchillas, y repuestos de cambio autónomo en la máquina.

Ilustración 31: Ubicación de herramientas en el equipo.



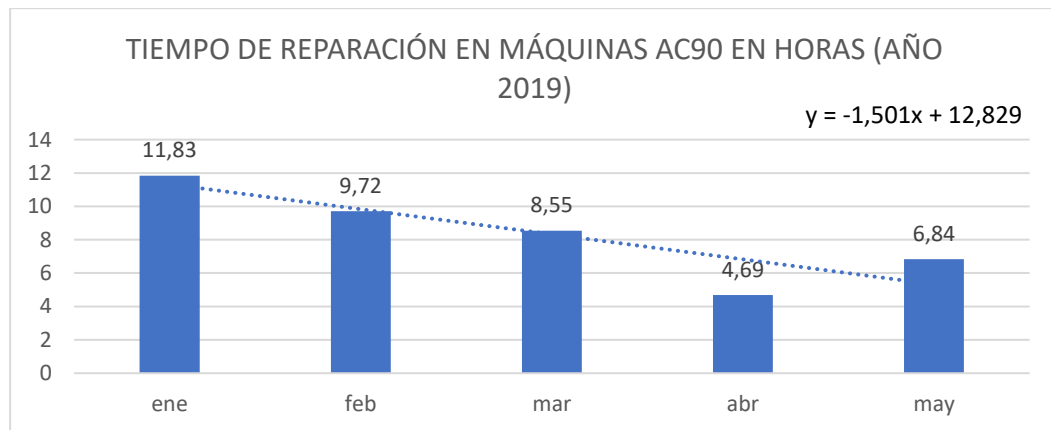
4.2.7 Práctica de autogestión (Paso 7). En este segmento estamos analizando el resultado de las acciones tomadas en los pasos anteriores. Hasta el momento hemos monitoreado los tiempos de reparaciones en las máquinas AC90 de los últimos 5 meses, y se ha evidenciado una reducción de los mismos.

Este tipo de resultado es coherente con las acciones tomadas, ya que todas están focalizadas en disminuir las pérdidas comunes del proceso de manufactura. Entre los aspectos que se han podido evidenciar luego de la implementación del mantenimiento autónomo se encuentran los siguientes:

- El operario ahora forma parte del mantenimiento de primer nivel, por lo cual ejecuta labores sencillas de inspección.
- El operario se responsabiliza porque su equipo sea el mejor y se preocupa por corregir las debilidades de diseño.
- El equipo se mantiene limpio debido a las rutinas diarias de higiene. Un equipo limpio muestra las fallas incipientes de manera temprana.
- El equipo incrementa su rendimiento, debido a que el operario ejecuta correcciones mínimas al inicio del turno que le garantizan una jornada con menos paradas y con mayores productos dentro de estándares de calidad.

A continuación, se muestra la cantidad de asistencias de reparaciones a máquinas AC90 en horas para un periodo de 5 meses

Ilustración 32: Tiempos de reparaciones en máquinas de corte.



Comparando el mes de enero 2019 con el mes de abril 2019, se nota una reducción del 60% en asistencias de reparación a máquinas de corte. Como tendencia, notamos que la tasa de reducción de asistencia de reparación disminuye a razón de hora y media por mes.

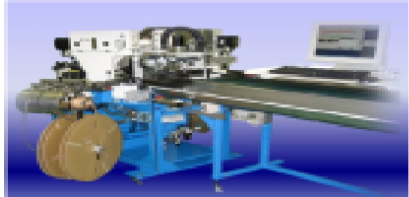
En estos momentos se está monitoreando una estabilización del indicador para plantearnos nuevas metas de mejoramiento.

4.3 PILAR III (MANTENIMIENTO PLANIFICADO) – IMPLEMENTACIÓN

Aunque las máquinas automáticas de corte ya estaban en un plan de mantenimiento preventivo, en este pilar se colocará a la maquinaria bajo 3 estrategias de mantenimiento, las cuales garantizarán la disponibilidad requerida por producción.

4.3.1 **Evaluar el equipo y la situación actual (Paso 1).** En este paso se evaluaron y ajustaron las fichas técnicas de los equipos, se agregaron datos de importancia como los calibres de cable permitidos para cada máquina.

Ilustración 33: Ficha técnica de una máquina de corte.

		AA-ME-xx-F-083	HOJA DE VIDA DEL EQUIPO	Fecha de Revisión 14/10/2017 Nivel de Revisión 001																																						
Descripción: [M003707][AC90-A SELLOS] Activo: M003707 Serie: M003707 Negocio: Yazaki Ciemel S.A Ubicación: M09 BODEGA 1 Centro C. C676110200 - Mae Kotei Autos Horómetro: 0 MTTR (Minutos) 82,43 Ult. Lectura: 20/05/2019																																										
<table border="1"> <tr> <td>19. AC90. CONDICIONES AMBIENTALES</td> <td>10 - 40°C, 35 - 85% HR</td> </tr> <tr> <td>18. AC90. CONSUMO NEUMÁTICO</td> <td>150 NL/min</td> </tr> <tr> <td>17. AC90. PRESIÓN DE AIRE</td> <td>0.45 to 0.7 MPa</td> </tr> <tr> <td>15. AC90. FUENTE DE ALIMENTACIÓN</td> <td>3-phase AC200V 50/60Hz 3kVA</td> </tr> <tr> <td>16. AC90. CONSUMO ELÉCTRICO</td> <td>600 Wh (Durante el ralentí)</td> </tr> <tr> <td>11. AC90. TIPO DE APLICADOR</td> <td>87,04</td> </tr> <tr> <td>12. AC90. DIMENSIONES</td> <td>2000 (W) × 1500 (H) × 1800 (D) (mm)</td> </tr> <tr> <td>13. AC90. RUIDO</td> <td>74 dB</td> </tr> <tr> <td>14. AC90. PESO</td> <td>700 kg</td> </tr> <tr> <td>09. AC90. VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN</td> <td>6000 mm/sec (Max. 12000 mm/sec)</td> </tr> <tr> <td>10. AC90. CAPACIDAD DE GRAFADO</td> <td>25 kN</td> </tr> <tr> <td>08. AC90. TIEMPO DE CICLO</td> <td>Min. 0.9 sec</td> </tr> <tr> <td>07. AC90. LONGITUD DE DESFORRE</td> <td>De 0 a 17 (mm) (en pasos de 0.1 mm)</td> </tr> <tr> <td>05. AC90. ESPESOR DE TERMINAL</td> <td>0.6 (mm) o menos</td> </tr> <tr> <td>06. AC90. LONGITUD DE TERMINAL</td> <td>28 (mm) o menos</td> </tr> <tr> <td>04. AC90. ALIMENTACIÓN DE TERMINAL</td> <td>Lateral, trasera</td> </tr> <tr> <td>03. AC90. LONGITUD DEL CABLE</td> <td>De 60 a 9999 (mm)</td> </tr> <tr> <td>02. AC90. CALIBRES DE CABLE</td> <td>De 0.22 a 2.5 mm²</td> </tr> <tr> <td>01. AC90. TIPOS DE CABLE</td> <td>CHFUS, HFSS, CAVS, CAVUS, AVS, AESSX, AVSSH</td> </tr> </table>					19. AC90. CONDICIONES AMBIENTALES	10 - 40°C, 35 - 85% HR	18. AC90. CONSUMO NEUMÁTICO	150 NL/min	17. AC90. PRESIÓN DE AIRE	0.45 to 0.7 MPa	15. AC90. FUENTE DE ALIMENTACIÓN	3-phase AC200V 50/60Hz 3kVA	16. AC90. CONSUMO ELÉCTRICO	600 Wh (Durante el ralentí)	11. AC90. TIPO DE APLICADOR	87,04	12. AC90. DIMENSIONES	2000 (W) × 1500 (H) × 1800 (D) (mm)	13. AC90. RUIDO	74 dB	14. AC90. PESO	700 kg	09. AC90. VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN	6000 mm/sec (Max. 12000 mm/sec)	10. AC90. CAPACIDAD DE GRAFADO	25 kN	08. AC90. TIEMPO DE CICLO	Min. 0.9 sec	07. AC90. LONGITUD DE DESFORRE	De 0 a 17 (mm) (en pasos de 0.1 mm)	05. AC90. ESPESOR DE TERMINAL	0.6 (mm) o menos	06. AC90. LONGITUD DE TERMINAL	28 (mm) o menos	04. AC90. ALIMENTACIÓN DE TERMINAL	Lateral, trasera	03. AC90. LONGITUD DEL CABLE	De 60 a 9999 (mm)	02. AC90. CALIBRES DE CABLE	De 0.22 a 2.5 mm ²	01. AC90. TIPOS DE CABLE	CHFUS, HFSS, CAVS, CAVUS, AVS, AESSX, AVSSH
19. AC90. CONDICIONES AMBIENTALES	10 - 40°C, 35 - 85% HR																																									
18. AC90. CONSUMO NEUMÁTICO	150 NL/min																																									
17. AC90. PRESIÓN DE AIRE	0.45 to 0.7 MPa																																									
15. AC90. FUENTE DE ALIMENTACIÓN	3-phase AC200V 50/60Hz 3kVA																																									
16. AC90. CONSUMO ELÉCTRICO	600 Wh (Durante el ralentí)																																									
11. AC90. TIPO DE APLICADOR	87,04																																									
12. AC90. DIMENSIONES	2000 (W) × 1500 (H) × 1800 (D) (mm)																																									
13. AC90. RUIDO	74 dB																																									
14. AC90. PESO	700 kg																																									
09. AC90. VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN	6000 mm/sec (Max. 12000 mm/sec)																																									
10. AC90. CAPACIDAD DE GRAFADO	25 kN																																									
08. AC90. TIEMPO DE CICLO	Min. 0.9 sec																																									
07. AC90. LONGITUD DE DESFORRE	De 0 a 17 (mm) (en pasos de 0.1 mm)																																									
05. AC90. ESPESOR DE TERMINAL	0.6 (mm) o menos																																									
06. AC90. LONGITUD DE TERMINAL	28 (mm) o menos																																									
04. AC90. ALIMENTACIÓN DE TERMINAL	Lateral, trasera																																									
03. AC90. LONGITUD DEL CABLE	De 60 a 9999 (mm)																																									
02. AC90. CALIBRES DE CABLE	De 0.22 a 2.5 mm ²																																									
01. AC90. TIPOS DE CABLE	CHFUS, HFSS, CAVS, CAVUS, AVS, AESSX, AVSSH																																									

Adicionalmente se realizó una actualización a la lista de aseguramiento de repuestos para las máquinas automáticas de corte

4.3.2 Revertir el deterioro (Paso 2). EL mantenimiento mayor de las maquinarias ya fue ejecutado en el pilar I, por esta razón solo se mostrará la rutina de mantenimiento mayor diseñada.

Ilustración 34: Rutina de mantenimiento mayor.

		AA-ME-xx-F-098	RUTINA DE MANTENIMIENTO	Fecha de Revisión 14/10/2017 Nivel de Revisión 001
Tipo Servicio:	Reparación Mayor	Duración Estimada:	24	Tipo ot: Externo
Periodo Horas:	0	Periodo Dias:	360	Detiene equipos: Si
Código	2019-AC81/AC90 NIVEL IV	Descripción	2019-AC81/AC90 NIVEL IV	
MODELOS DE EQUIPO				
Referencia	Descripción			Familia
AC81F	AC81F			MÁQUINAS AUTOMÁTICAS
AC81G	AC81G			MÁQUINAS AUTOMÁTICAS
AC81F SELLOS	AC81F SELLOS			MÁQUINAS AUTOMÁTICAS
AC90-A	AC90-A			MÁQUINAS AUTOMÁTICAS
AC90-A SELLOS	AC90-A SELLOS			MÁQUINAS AUTOMÁTICAS
PROCEDIMIENTO DE ACTIVIDADES				
A. AC81-90 Cuerpo principal de la máquina	A. AC81-90 Cuerpo principal de la máquina	Desmantele la partes correspondientes a la sección "A" de la máquina. Reporte las piezas que por desgaste se deberían cambiar Ver manual S106111 2010/9/30 (AC90 Parts List) Ver manual AC81000F (AC81 Parts List)		
D. AC81-90 Giro	D. AC81-90 Giro	Desmantele la partes correspondientes a la sección "D" de la máquina. Reporte las piezas que por desgaste se deberían cambiar Ver manual S106111 2010/9/30 (AC90 Parts List) Ver manual AC81000F (AC81 Parts List)		
E. AC81-90 Corte, Desforre y transporte	E. AC81-90 Corte, Desforre y transporte	Desmantele la partes correspondientes a la sección "E" de la máquina. Reporte las piezas que por desgaste se deberían cambiar Ver manual S106111 2010/9/30 (AC90 Parts List) Ver manual AC81000F (AC81 Parts List)		
F. AC81-90 Servos de grafado de la máquina	F. AC81-90 Servos de grafado de la máquina	Desmantele la partes correspondientes a la sección "F" de la máquina. Reporte las piezas que por desgaste se deberían cambiar Ver manual S106111 2010/9/30 (AC90 Parts List) Ver manual AC81000F (AC81 Parts List)		
K. AC81-90 Suministro de cable	K. AC81-90 Suministro de cable	Desmantele la partes correspondientes a la sección "K" de la máquina. Reporte las piezas que por desgaste se deberían cambiar Ver manual S106111 2010/9/30 (AC90 Parts List) Ver manual AC81000F (AC81 Parts List)		
M. AC81-90 Transporte	M. AC81-90 Transporte	Desmantele la partes correspondientes a la sección "M" de la máquina. Reporte las piezas que por desgaste se deberían cambiar Ver manual S106111 2010/9/30 (AC90 Parts List) Ver manual AC81000F (AC81 Parts List)		
N. AC81-90 Grafado	N. AC81-90 Grafado	Desmantele la partes correspondientes a la sección "N" de la máquina. Reporte las piezas que por desgaste se deberían cambiar Ver manual S106111 2010/9/30 (AC90 Parts List) Ver manual AC81000F (AC81 Parts List)		
S. AC81-90 Riel estándar horizontal)	S. AC81-90 Riel estándar horizontal)	Desmantele la partes correspondientes a la sección "S" de la máquina. Reporte las piezas que por desgaste se deberían cambiar Ver manual S106111 2010/9/30 (AC90 Parts List) Ver manual AC81000F (AC81 Parts List)		
X. AC81-90 Alimentación de cable	X. AC81-90 Alimentación de cable	Desmantele la partes correspondientes a la sección "X" de la máquina. Reporte las piezas que por desgaste se deberían cambiar Ver manual S106111 2010/9/30 (AC90 Parts List) Ver manual AC81000F (AC81 Parts List)		

4.3.3 Sistema de gestión de la información (Paso 3). Yazaki Ciemel S.A. cuenta desde el 2017 con el Software de Administración del Mantenimiento Modernos SAMM. Es por ello que en este paso no se desarrolla un nuevo sistema de gestión. Más adelante utilizaremos los datos recopilados por el SAMM para tomar decisiones en el desarrollo del mantenimiento periódico.

Ilustración 35: Software de mantenimiento SAMM.



4.3.4 Sistema de mantenimiento periódico (Paso 4). En este paso se desarrollaron las rutinas de mantenimiento periódico y el cronograma de intervenciones para máquinas automáticas de corte. Se recibió soporte del Equipment Quality Assurance Dept (Yazaki Japón) para los estándares de trabajo

A continuación, mostraremos la rutina de mantenimiento periódico diseñada para las máquinas automáticas de corte

Ilustración 36: Rutina de mantenimiento periódico.

		AA-ME-xx-F-098	RUTINA DE MANTENIMIENTO		Fecha de Revisión 14/10/2017 Nivel de Revisión 001
Tipo Servicio:	Preventivo	Duración Estimada:	8	Tipo ot:	Externo
Periodo Horas:	0	Periodo Dias:	90	Detiene equipos:	Si
Codigo	2019-AC90 NIVEL III	Descripción	2019-AC90 NIVEL III		
MODELOS DE EQUIPO					
Referencia	Descripción			Familia	
AC90-A	AC90-A			MÁQUINAS AUTOMÁTICAS	
AC90-A SELLOS	AC90-A SELLOS			MÁQUINAS AUTOMÁTICAS	
DETALLE TEMPARIO					
	Codigo	Cantidad Estandar	Cantidad Tropicalizada		
Actividades					
AC81/90 PREDICTIVO	AC81/90 PREDICTIVO	1	0		
02. AC90 Fuerza de detección de tensión- Tiempo (timig) de reemplazo de resorte (paracable grueso)	02. AC90 Fuerza de detección de tensión- Tiempo (	1	0		
03. AC90 Espacio de barraestabilizadora de cable	03. AC90 Espacio de barraestabilizadora de cable	1	0		
04. AC90 Chequeo de posición de origen de dial	04. AC90 Chequeo de posición de origen de dial	1	0		
05. AC90 Chequeo de tensión de rodillo de corrección	05. AC90 Chequeo de tensión de rodillo de corrección	1	0		
06. AC90 Velocidad de apertura/cierre de banda de alimentación	06. AC90 Velocidad de apertura/cierre de banda de	1	0		
07. AC90 Profundidad de desgaste de banda de alimentación	07. AC90 Profundidad de desgaste de banda de alim	1	0		
08. AC90 Tensión de banda de alimentación	08. AC90 Tensión de banda de alimentación	1	0		
09. AC90 Espacio entre los rodillos de medición	09. AC90 Espacio entre los rodillos de medición	1	0		
10. AC90 Tensión de banda motriz de alimentación	10. AC90 Tensión de banda motriz de alimentación	1	0		
11. AC90 Espacio de tubo de residuos de lado A	11. AC90 Espacio de tubo de residuos de lado A	1	0		
12. AC90 Espacio de tubo de residuos de lado B	12. AC90 Espacio de tubo de residuos de lado B	1	0		
13. AC90 Línea de paso de cable de unidad giratoria A	13. AC90 Línea de paso de cable de unidad giratoria	1	0		
14. AC90 Posición de delante/detrás de unidad giratoria A	14. AC90 Posición de delante/detrás de unidad giratoria	1	0		
15. AC90 Punto de origen de unidad giratoria A	15. AC90 Punto de origen de unidad giratoria A	1	0		
16. AC90 Altura de prensado de lado A	16. AC90 Altura de prensado de lado A	1	0		
17. AC90 Velocidad de subida/bajada de lado A	17. AC90 Velocidad de subida/bajada de lado A	1	0		
18. AC90 Línea de paso de cable de unidad giratoria B	18. AC90 Línea de paso de cable de unidad giratoria	1	0		
19. AC90 Posición de delante/detrás de unidad giratoria B	19. AC90 Posición de delante/detrás de unidad giratoria	1	0		
20. AC90 Punto de origen de unidad giratoria B	20. AC90 Punto de origen de unidad giratoria B	1	0		
22. AC90 Velocidad de subida/bajada de lado A	22. AC90 Velocidad de subida/bajada de lado A	1	0		
23. AC90 Ajuste de punto muerto inferior de máquina de prensado	23. AC90 Ajuste de punto muerto inferior de máquina	1	0		
24. AC90 Posición de garra de fijación (fixing claw) de aplicador	24. AC90 Posición de garra de fijación (fixing c	1	0		

Para la ejecución de la rutina de mantenimiento periódico se diseñó un cronograma en conjunto con el departamento de producción

Ilustración 37: Cronograma de mantenimiento periódico.

PROGRAMACION ANUAL

Version 1
RC-026

Fecha >= 01/01/2019 - Fecha <= 31/12/2019 - Contrato = 2019-AC81/AC90 N° III (PREVEN)

CONVENCIONES:

N

Los cuadros en gris, indican las fechas de visitas programadas y el número (N), la cantidad de servicios para el mismo día.

Los cuadros vacios representan las fechas donde no hay visitas programadas.

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENE - 2019							2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2									4	6	4	4
FEB - 2019	3	2		2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2		2	4	2	2			
MAR - 2019	1			2	2	2	2	2	2																						
ABR - 2019	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1					1	1	1	1	1	1		1	1	
MAY - 2019		1	1	1		1	1	1	1	1																					
JUL - 2019																													1	1	1
AGO - 2019	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	
SEP - 2019		1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1										
NOV - 2019																										1	1	1	1	1	
DIC - 2019		1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1								1
ENE - 2020	1																														

Con base en este cronograma se está ejecutando el mantenimiento periódico. Como respaldo de la rutina de mantenimiento, se cuenta con los estándares de mantenimiento. A continuación, se muestran algunas imágenes de los estándares que orientan al técnico durante las labores de mantenimiento.

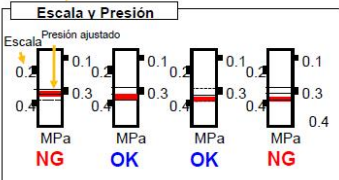
Ilustración 38: Imágenes de estándares de mantenimiento.

Interruptor de presión

Procedimiento de Inspección periódica



Escala y Presión



Preparado (fe 20' Preparado p Equipment Qual

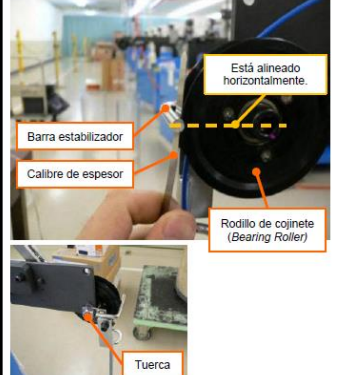
Velocidad de abertura/cierre de banda de alimentación

Procedimiento de Inspección



Espacio de barra estabilizadora de cable

Procedimiento de Inspección periódica



Fuente: Equipment Quality Assurance Dept (Yazaki Japón).

4.3.5 Sistema de mantenimiento predictivo (Paso 5). La estrategia de mantenimiento predictivo va orientada a diagnosticar tempranamente variaciones en el proceso de grafado que pudiesen estar llegando al cliente final

La herramienta PAL 4000 nos brinda la bondad de medir el CPK del proceso de grafado, mediante el cual verificamos la capacidad que tiene la maquinaria de entregar productos conformes.

El plan de mantenimiento predictivo dará inicio en el mes de junio 2019 y os reportes técnicos mostrarán los valores de CMK por cada prensa. Con estos valores se tomarán decisiones en cuanto a tiempo restante de operación y reemplazo de repuestos preventivamente.

A continuación, se presentan imágenes del analizador de grafado PAL 4000, de fabricación alemana

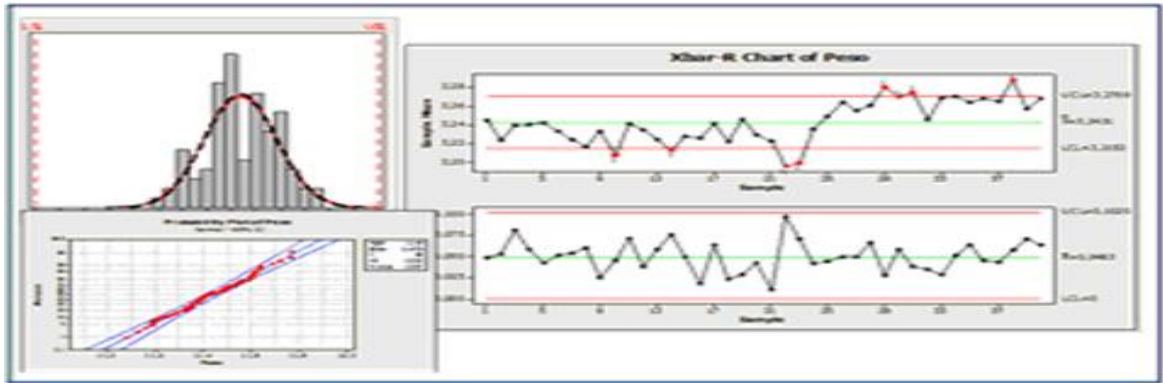
Ilustración 39: Analizador de prensado PAL 4000.



El funcionamiento básico del analizador de grafados es recibir 150 golpes por cada prensa, con base en un histograma realiza los cálculos necesarios para determinar si los 150 golpes se encuentran cumpliendo con Cpk de al menos 1.67

A continuación, se muestran imágenes de las gráficas ofrecidas por el PAL 4000 luego de analizar los datos.

Ilustración 40: Gráfica ejemplo de Cpk (PAL 4000).



Para la ejecución de mantenimiento predictivo se generó una rutina, la cual le indica al técnico los pasos a seguir. En este caso la rutina le indica al técnico que utilice las instrucciones del fabricante para ejecutar la labor

Ilustración 41: Rutina de mantenimiento predictivo.

		AA-ME-xx-F-098	RUTINA DE MANTENIMIENTO		Fecha de Revisión 14/10/2017 Nivel de Revisión 001
Tipo Servicio:	Predictivo	Duracion Estimada:	24	Tipo ot:	Externo
Periodo Horas:	0	Periodo Dias:	90	Detiene equipos:	Si
Codigo	2019-AC81/AC90 NIVEL II	Descripcion	2019-AC81/AC90 NIVEL II		
MODELOS DE EQUIPO					
Referencia		Descripcion		Familia	
AC81F		AC81F		MÁQUINAS AUTOMATICAS	
AC81G		AC81G		MÁQUINAS AUTOMATICAS	
AC81F SELLOS		AC81F SELLOS		MÁQUINAS AUTOMATICAS	
AC90-A		AC90-A		MÁQUINAS AUTOMATICAS	
AC90-A SELLOS		AC90-A SELLOS		MÁQUINAS AUTOMATICAS	
CM20		BANCOS CM20		MÁQUINAS MANUALES	
CM30		BANCOS CM30		MÁQUINAS MANUALES	
CM80		BANCOS CM80		MÁQUINAS MANUALES	
DETALLE TEMPARIO					
		Codigo	Cantidad Estandar		Cantidad Tropicalizada
MECANICO					
Actividades					
AC81/90 PREDICTIVO		AC81/90 PREDICTIVO	1		0
PROCEDIMIENTO DE ACTIVIDADES					
AC81/90 PREDICTIVO		AC81/90 PREDICTIVO	Verificar el cmk de las prensas con el Press Analyser según procedimiento de fabricante.		

El siguiente cronograma para la ejecución del mantenimiento predictivo se realizó en conjunto con el departamento de producción.

Ilustración 42: Plan de mantenimiento predictivo.



PROGRAMACION ANUAL

Version 1
RC-026

Fecha >= 01/01/2019 - Fecha <= 31/12/2020 - Contrato = 2019-AC81/AC90 N° II (PREDIC)

CONVENCIONES:

N

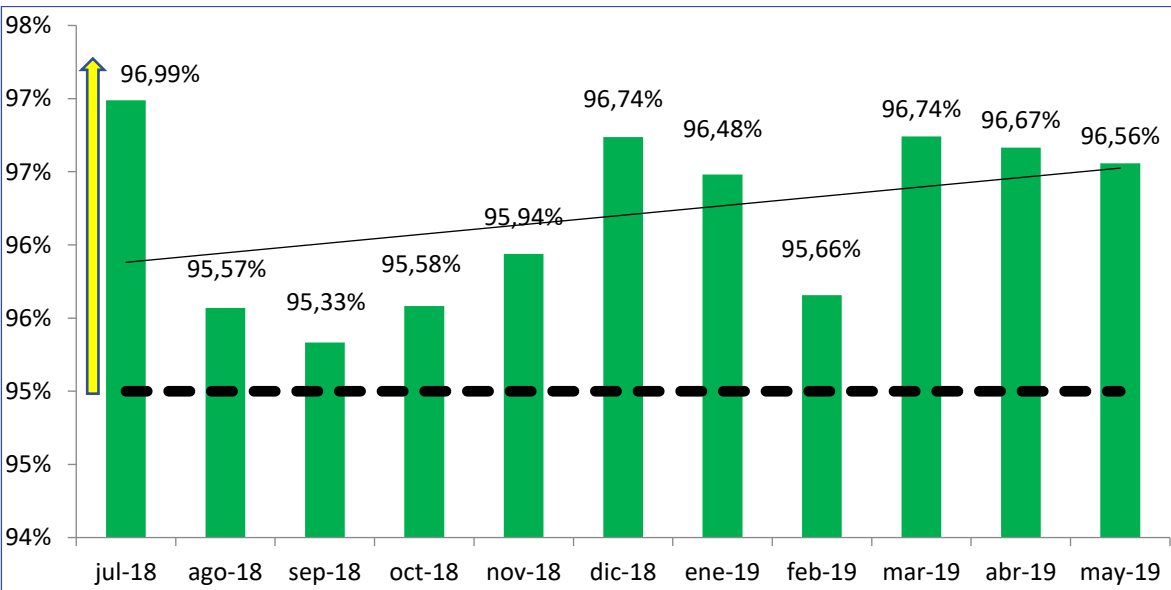
Los cuadros en gris, indican las fechas de visitas programadas y el número (N), la cantidad de servicios para el mismo día.

Los cuadros vacios representan las fechas donde no hay visitas programadas.

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
JUN - 2019				2	2	2	2	2			2	2	2	2	2		2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			
JUL - 2019	4	4	4	4					4	4	4	4	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4	3				
OCT - 2019								2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2
NOV - 2019	2			4	4	4	4	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4	3		
FEB - 2020				2	2	2	2	2			2	2	2	2	2		2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			
MAR - 2020			4	4	4	4	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4	3			
JUN - 2020	2	2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			1						1	2	2	2	2			2	2	
JUL - 2020	2	2	2			4	4	4	4	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4	3
OCT - 2020					2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	
NOV - 2020		4	4	4	4	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4	4	4			4	4	4	4	3			

4.3.6 Evaluación del sistema de mantenimiento (Paso 6). A continuación, se presentarán un par de gráficas, las cuales monitorean la gestión del mantenimiento planificado

Ilustración 43: Disponibilidad inherente en máquinas de corte.

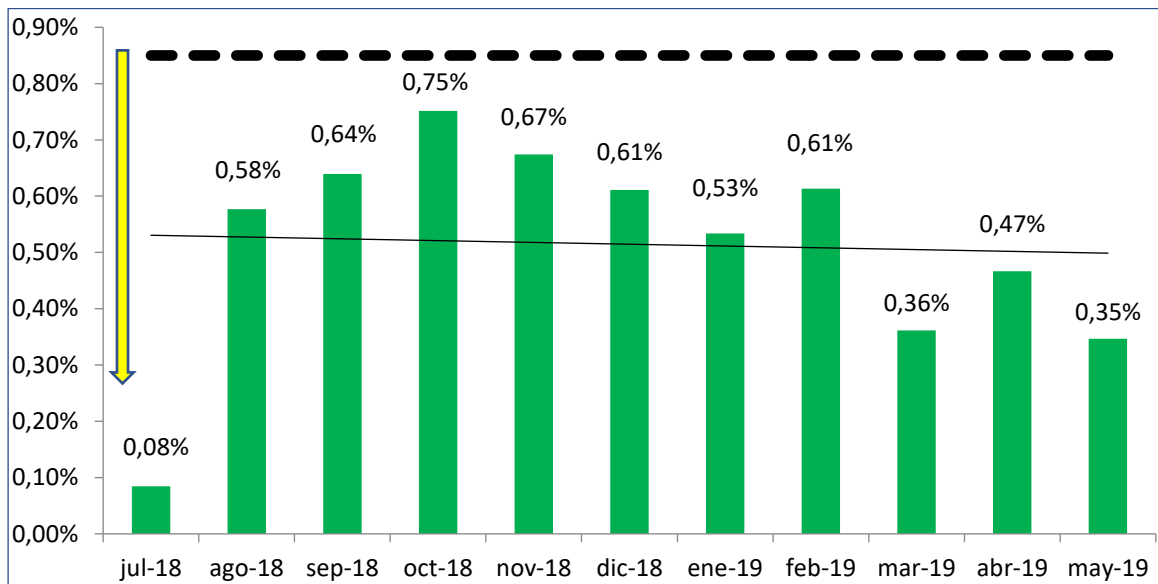


La disponibilidad inherente de las máquinas de corte es un indicador de desempeño que mide la relación entre el TPPF y el TPPR. En este caso; Mantenimiento debe

mantener una disponibilidad inherente superior al 95% (en el caso de que el indicador sea mayor a 0.85% se deberá realizar una herramienta de solución - problema para corregir la situación).

En la gráfica anterior se puede observar como la disponibilidad inherente de las máquinas de corte ha venido incremento. El año 2019 muestra una disponibilidad mayor en comparación con el año 2018.

Ilustración 44: Down Time en producción.



El Down Time en producción es un indicador de desempeño que mide la afectación de Mantenimiento en las entregas mensuales de producto terminado. En este caso; Mantenimiento no debe afectar más del 0.85% de las entregas diarias (en el caso de que el indicador sea mayor a 0.85% se deberá realizar una herramienta de solución - problema para corregir la situación).

Se toma como referencia este indicador ya que posee intrínsecamente la disponibilidad total de la maquinaria. A pesar de estar cumpliendo la disponibilidad inherente, la ejecución de tres estrategias diferentes de mantenimiento afecta la

disponibilidad operacional de las máquinas. Sin embargo; hemos venido mejorando, ya que las asistencias de reparaciones han disminuido considerablemente, y los tiempos de paradas por preventivos y predictivos no se han incrementado significativamente.

5. CONCLUSIONES.

- Las mejoras enfocadas son una gran herramienta para la optimización de procesos productivos, incluso; para la reducción de costos de operación. En nuestro caso, la colocación de boquillas de cerámica en el sensor de enredo generó una reducción del 27% en el inventario de repuestos.
- La esencia del mantenimiento autónomo es crear sentido de pertenencia a los operadores y técnicos que conviven con las máquinas. En nuestro caso, el mantenimiento autónomo rompió los paradigmas entre producción y mantenimiento, logrando que el operario realice intervenciones de primer nivel, liberando a los técnicos de mantenimiento para ejecutar labores predictivas.
- El mantenimiento planificado juega un papel fundamental en el aprovechamiento adecuado de la maquinaria durante su vida útil. En nuestro caso, se combinaron 3 estrategias para alcanzar una disponibilidad inherente superior al 95%
- Mantenimiento preventivo periódico: Con esta estrategia se dimensionan piezas claves en busca de un desgaste evidente. De ser necesario se reemplazan piezas. Esta estrategia detiene la maquinaria solo 8 horas cada 4 meses y el costo promedio por máquina es de aproximadamente 1.500.000 COP.
- Mantenimiento predictivo: Con esta estrategia se rastrean fallas ocultas, que si bien en el momento no generan mayores defectos de calidad; a futuro representan un potencial rechazo del producto final. La principal variable monitoreada es la fuerza de compactación de la máquina, y se interpreta por medio de control estadístico de proceso (en este caso el Cpk). Esta estrategia detiene la máquina solo 1 hora cada 4 meses y el costo promedio por máquina varía según el diagnóstico (va desde los 300.000 COP a los 3.000.000 COP).

- Mantenimiento mayor: Con esta estrategia se pretende verificar las piezas que las otras dos estrategias de mantenimiento no lograron observar. Se aprovechan al máximo los periodos vacacionales de las ensambladoras para intervenir la maquinaria. Esta estrategia detiene la maquinaria solo 16 horas cada 12 meses y el costo promedio por máquina es de aproximadamente 1.000.000 COP.
- El éxito del TPM no radica en su implementación, sino en mantenerlo a lo largo del tiempo, y esto solo es posible con la cultura de las personas. Los esfuerzos deben estar focalizados a la nueva manera de pensar.

BIBLIOGRAFÍA

BARRERA, Herman Alonso. Diseño de un plan piloto de mantenimiento proyectado a un mantenimiento productivo total (TPM) para la empresa Cementos del Oriente S.A. Monografía: Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2015.

LATORRE, Francisco Alexander. Estrategias para la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) en el sistema de gas en la planta Araguaney de Ecopetrol S.A. Trabajo de Grado: Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013.

MORALES, Henry Adolfo. Modelo de gestión para la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) en las facilidades tempranas Cupiagua - NW. Monografía: Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2015.

PDVSA, Petróleos de Venezuela. Manual de Mantenimiento. MM-01-01-02, Indicadores de gestión del proceso de mantenimiento

PINTO, Diego Luis. Implementación de plan piloto de TPM en una industria de cerámica. Trabajo de Grado: Ingeniería Mecánica. Medellín: Universidad EAFIT, Escuela de Ingeniería, Mantenimiento Industrial, 2008.

PORTILLO, Cristian Leonardo. Plan de mantenimiento basado en TPM (Mantenimiento Productivo Total) para el equipo LIEBHERR LTM 1080 de serie 61439 para dar cumplimiento con la norma ASME B30.5. Monografía:

Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2017.

Segunda actualización. Santa Fe de Bogotá D.C.: ICONTEC, 1994. NTC 1486

SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso. Madrid: Tgp - Hoshin, 1995.

VELASCO, Diana Carolina. Diseño e implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total para la empresa Alpa Construcciones LTDA. Trabajo de Grado: Ingeniería Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, 2013.