



Centro de
Especializaciones
Noeder



Florida
Global
University

Diplomado de Especialización

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

CICLO REGULAR

MÓDULO V

CLASE 3

LEAN MANUFACTURING

Ing. Paul Cirilo Flores



TPM

Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un modelo de gestión integral originado en Japón, cuyo objetivo es maximizar la eficiencia de los equipos mediante la eliminación de pérdidas, buscando los 3 ceros: Cero averías, Cero defectos y Cero Accidentes.

Cero Averías (Fallas de Equipos)

Las máquinas no se rompen porque "ya les tocaba" o por "mala suerte". El 70% de las averías ocurren por **deterioro forzado**, es decir, por negligencia humana (acumulación de suciedad, falta de lubricación, pernos sueltos o mala operación). El TPM busca eliminar el deterioro forzado para que la máquina solo experimente un deterioro natural, el cual es predecible y controlable.





2. Cero Defectos (Calidad Total en Origen)

Tradicionalmente, el departamento de Calidad es un "policía" que detecta el producto defectuoso *al final* de la línea y lo desecha o reprocesa. El TPM cambia este enfoque a través del pilar de Mantenimiento de Calidad. La calidad del producto está determinada por la condición de la máquina. Si los componentes de la máquina (alineación, presión, temperatura, velocidad) se mantienen dentro de sus estándares perfectos, es físicamente imposible que la máquina produzca un defecto. Por lo tanto, en lugar de controlar el producto, el TPM controla las condiciones del equipo.

3. Cero Accidentes

La mayoría de los accidentes ocurren durante situaciones de emergencia o caos (reparaciones improvisadas a mitad de la noche debido a una avería inesperada, limpieza de atascos con la máquina en marcha, etc.). Al lograr Cero Averías, el entorno de trabajo se vuelve altamente predecible y planificado, reduciendo drásticamente el riesgo humano. Además, el orden y la limpieza (5S) eliminan peligros de tropiezos, resbalones e incendios.



TPM



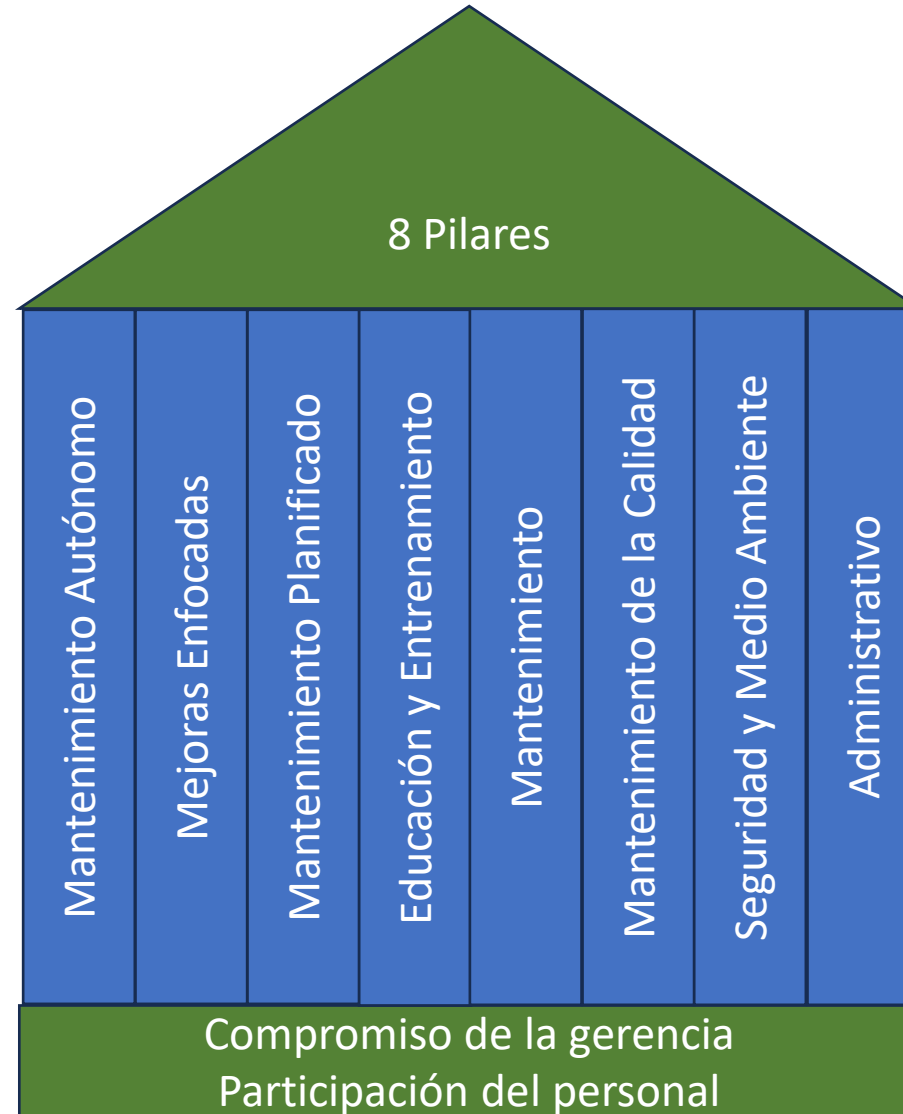


Primeros Pasos: Preparación e implementación

- 1. Declaración de la Alta Dirección:** La gerencia anuncia oficialmente la decisión de introducir el TPM.
- 2. Campaña de Educación y Entrenamiento:** Introducción teórica para todos los niveles (desde gerentes hasta operadores) para romper la resistencia al cambio.
- 3. Creación de Organizaciones/Comités para la Promoción:**
 - **Comité Directivo:** Liderado por el Gerente General, define las políticas.
 - **Oficina de Promoción TPM:** El "motor" del proyecto, coordina y consolida resultados.
 - **Comités de Área / Equipos de Pequeños Grupos:** Líderes de turno y operadores que ejecutarán las tareas en piso.
- 4. Establecimiento de Políticas y Metas Básicas:** Se define dónde está la empresa hoy (Línea base) y a dónde quiere llegar.
- 5. Formulación del Plan Maestro:** Un cronograma detallado de 3 a 5 años para implementar los pilares.
- 6. Kick-off (Disparo de salida):** Un evento oficial donde se invita a clientes, proveedores y trabajadores para celebrar el inicio de la ejecución.



TPM





TPM – PILAR 1

Pilar 1: Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)

- **Función Principal:** Eliminar de forma sistemática y radical las grandes pérdidas de la planta (las 6 grandes pérdidas que afectan al OEE) mediante proyectos con equipos multidisciplinarios.
- **Importancia:** Es el pilar que da el **retorno financiero rápido** al inicio del programa. Justifica la inversión del TPM ante la gerencia porque ataca los problemas crónicos más costosos de la fábrica.
- **Herramientas Clave:**
 - **5 Porqués:** Metodología secuencial para hallar la causa raíz humana, física y sistémica de un fallo.
 - **Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado):** Para lluvias de ideas estructuradas bajo las 6M (Mano de obra, Máquina, Material, Método, Medición, Medio ambiente).



TPM – PILAR 1

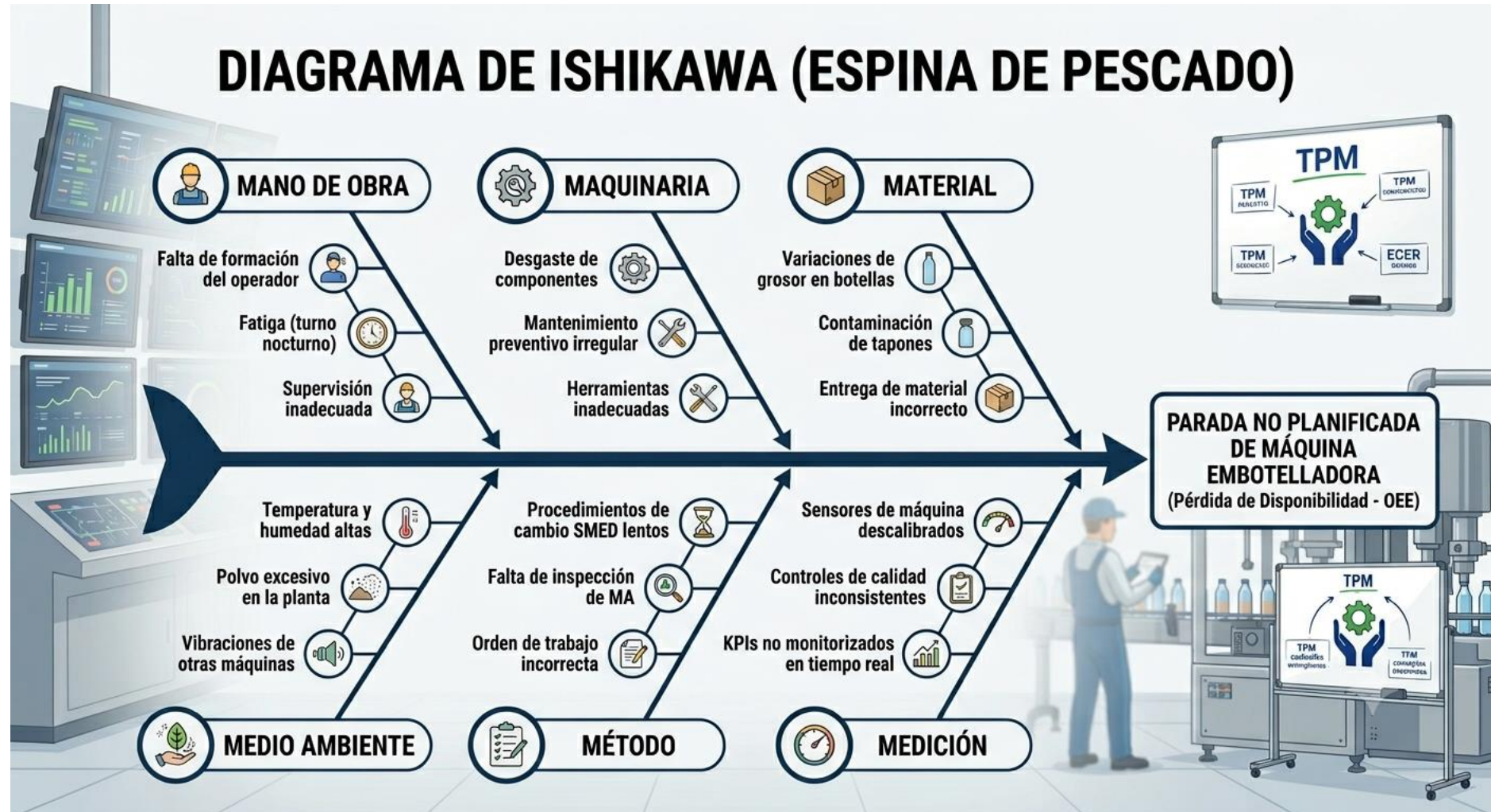
5 Por qué

Paso / Nivel	Pregunta	Respuesta / Causa Directa	Comentario / Conexión TPM
Problema / Efecto	Máquina Inyectora "A-01" detenida por sobrecarga en el motor principal.	---	Avería (Pérdida de Disponibilidad)
¿Por qué 1?	¿Por qué el motor principal sufrió sobrecarga?	Porque el eje principal se gripó (se atascó) debido a un sobrecalentamiento.	Causa Física Inmediata.
¿Por qué 2?	¿Por qué se gripó y sobrecalentó el eje?	Porque hubo falta de lubricación en el rodamiento del eje.	Causa de Deterioro Forzado (Pilar 2).
¿Por qué 3?	¿Por qué hubo falta de lubricación en el rodamiento?	Porque el nivel de aceite en el cárter de la máquina estaba por debajo del mínimo.	Causa Procedimental (Falta de inspección).
¿Por qué 4?	¿Por qué el nivel de aceite estaba por debajo del mínimo?	Porque no se había realizado el chequeo diario de niveles por parte del operador (Mantenimiento Autónomo defectuoso).	Causa Raíz de Mantenimiento Autónomo.
¿Por qué 5?	¿Por qué el operador no realizó el chequeo diario?	Porque el operador no conocía el procedimiento estándar de inspección (LLA - Limpieza, Lubricación y Ajuste) por falta de capacitación.	Causa Raíz Sistémica / Educativa (Pilar 6).



TPM – PILAR 1

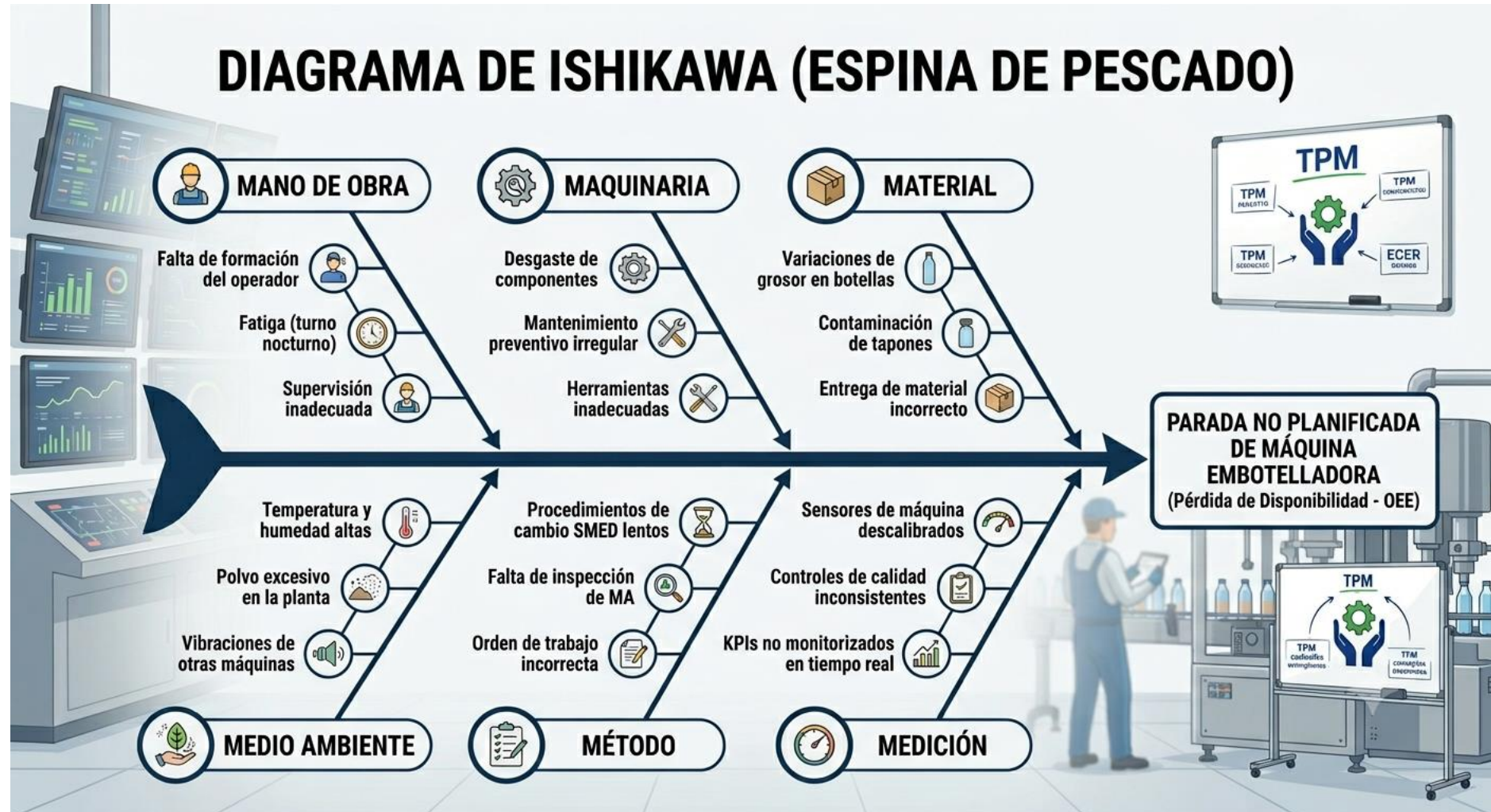
Ishikawa





TPM – PILAR 1

Ishikawa





TPM – PILAR 1

Priorización de Causa Raíz

ID	Causa Raíz Identificada (¿Por qué?)	Contramedida Propuesta (Solución)	Impacto (1-5)	Facilidad (1-5)	Puntaje Total (I x F)	Prioridad / Clasificación	Acción Posterior
CR-01	El operador no conoce el procedimiento de inspección por falta de capacitación.	Diseñar una LUP (Lección de un Punto) y entrenar al operador en piso (5 min).	5	5	25	Muy Alta (¡Hazlo ya! / Quick Win)	Ejecutar esta semana de forma prioritaria.
CR-02	No existe un plan de calibración para los sensores de temperatura de la máquina.	Crear e integrar un calendario de calibración semestral en el software de mantenimiento.	4	4	16	Alta (Proyecto Kaizen Corto)	Programar para el próximo ciclo de mantenimiento técnico.
CR-03	Fatiga del personal debido a una iluminación deficiente en el turno nocturno.	Instalar luminarias LED de alta potencia sobre el área de control de la máquina.	3	4	12	Media (Tarea de mejora)	Asignar al pilar de Seguridad (SHE) para el próximo mes.
CR-04	El diseño original de la máquina oculta los puntos de lubricación (difícil acceso).	Modificar la estructura física de la máquina extendiendo las mangueras de engrase hacia el exterior.	5	1	5	Baja (Proyecto Estratégico)	Transferir al pilar de "Prevención del Mantenimiento" para evaluar presupuesto anual.
CR-05	Variación en el grosor de las botellas debido a que el proveedor cambió de materia prima sin avisar.	Auditoría al proveedor y actualización de la ficha técnica de compras con tolerancias estrictas.	4	2	8	Baja-Media (Complejo)	Transferir a compras/calidad para mesa de negociación a mediano plazo.



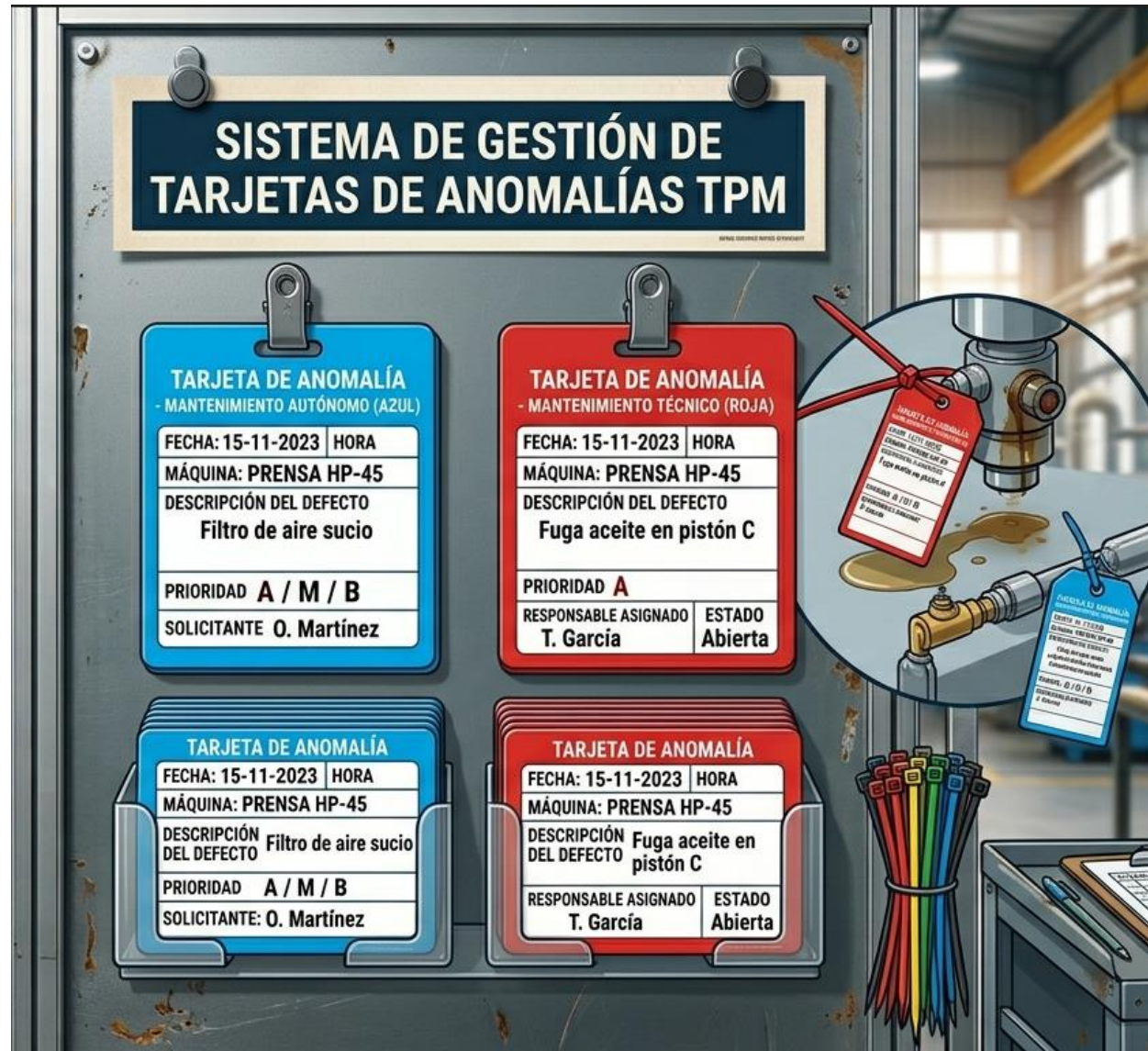
TPM – PILAR 2

Pilar 2: Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)

- **Función Principal:** Capacitar a los operadores de producción para que se hagan cargo del cuidado diario de sus propios equipos (limpieza, lubricación, ajustes, inspección).
- **Importancia:** Cambia la cultura del operador de *"Yo opero, tú reparas"* a *"Yo cuido mi propia máquina"*. Frena el **deterioro forzado** de los equipos y detecta fallas antes de que ocurran. (Se implementa rigurosamente en 7 pasos).
- **Herramientas Clave:**
 - **Tarjetas de Anomalías (Tags):** Tarjetas Rojas (para que las atienda mantenimiento) y Azules (para que las solucione el operador) que se cuelgan visualmente donde hay un defecto.
 - **LUPs (Lecciones de un Punto):** Formatos de una sola página, muy visuales, para transferir conocimiento técnico rápido (ej. cómo ver el nivel correcto de aceite).
 - **Estándares LLI (Limpieza, Lubricación e Inspección):** Documentos creados por los propios operadores que dictan *qué, cómo y cuándo* revisar la máquina.
 - **Controles Visuales:** Colocar marcas de colores en manómetros (verde=ok, rojo=peligro) o flechas de sentido de giro para facilitar la inspección rápida.



TPM – PILAR 2





TPM – PILAR 2





TPM – PILAR 3

Pilar 3: Mantenimiento Planificado (Keikaku Hozen)

- **Función Principal:** Construir un sistema estructurado de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para lograr **cero averías**, maximizando la vida útil del equipo al menor costo.
- **Importancia:** Transforma al departamento de mantenimiento de un "bombero" que solo apaga incendios (reactivo) a un planificador estratégico. Los técnicos ya no limpian máquinas; ahora hacen ingeniería y mantenimiento de alta precisión.
- **Herramientas Clave:**
 - **Matriz de Criticidad de Equipos:** Clasifica las máquinas en A (críticas), B (medias) o C (bajas) para priorizar los recursos y esfuerzos de mantenimiento.
 - **Técnicas de Mantenimiento Predictivo:** Termografía infrarroja, análisis de vibraciones, análisis de aceites lubricantes y ultrasonido.
 - **Indicadores MTBF y MTTR:** Métricas para medir la confiabilidad (tiempo entre fallas) y la mantenibilidad (tiempo de reparación).

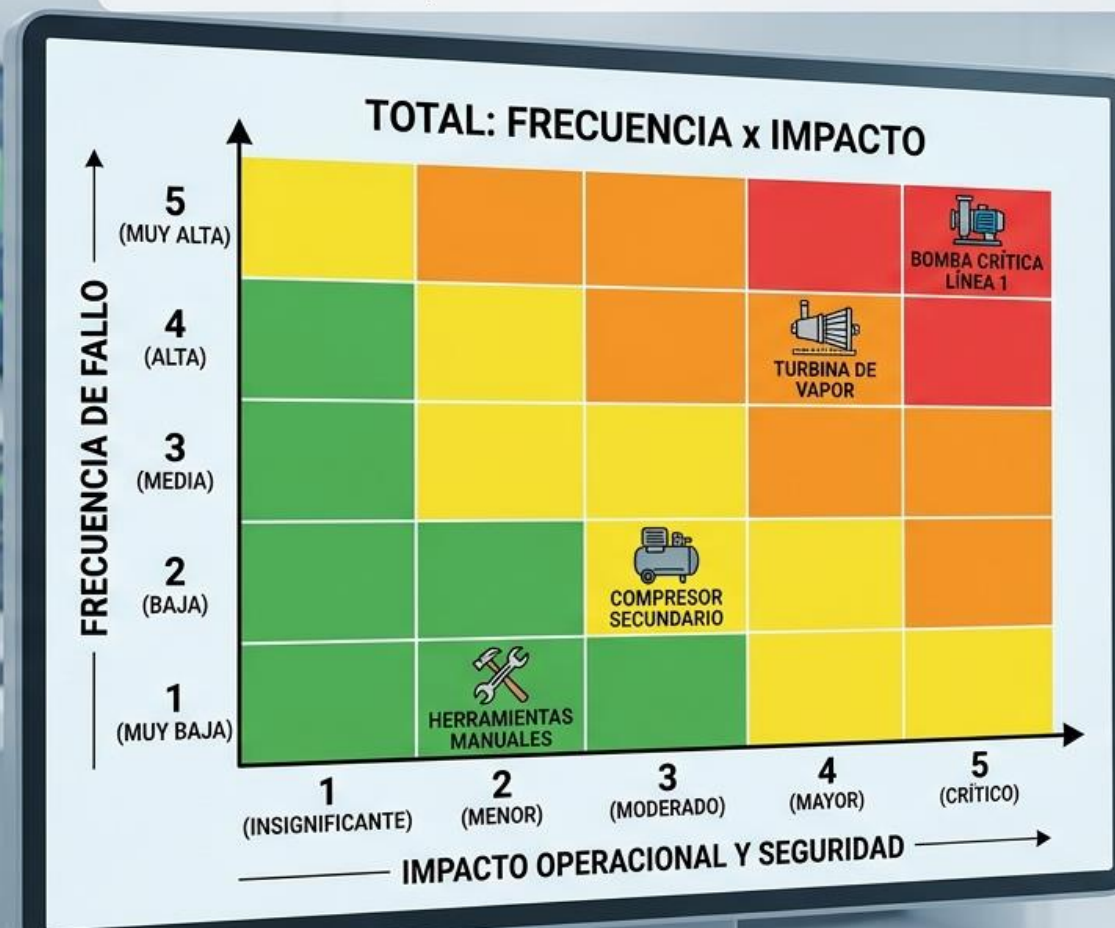
$$\text{MTBF} = \text{Tiempo Total de Funcionamiento} / \text{Número Total de Fallas}$$

$$\text{MTTR} = \text{Tiempo Total de Paro por Reparación} / \text{Número Total de Fallas}$$



TPM – PILAR 3

EJEMPLO DE MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS (TPM/Mantenimiento Planificado)



NIVELES DE CRITICIDAD Y ACCIONES

CRÍTICA

17 - 25 Mantenimiento Predictivo, RCM

ALTA

10 - 16 Mantenimiento Preventivo Frecuente

MEDIA

5 - 9 Mantenimiento Preventivo Regular

BAJA

1 - 4 Mantenimiento Correctivo (Breakdown)



TPM – PILAR 4

Pilar 4: Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen)

- **Función Principal:** Establecer, mantener y verificar las condiciones del equipo para asegurar que este **físicamente no pueda producir defectos de calidad**.
- **Importancia:** Tradicionalmente, Calidad reacciona cuando el producto ya salió mal. Este pilar es **preventivo**: si la máquina mantiene su alineación, presión y temperatura perfectas, el producto saldrá perfecto a la primera.
- **Herramientas Clave:**
 - **Matriz QA (Quality Assurance):** Un cuadro que conecta directamente los defectos del producto con los componentes mecánicos de la máquina que los provocan.
 - **Poka-Yoke (A prueba de errores):** Dispositivos mecánicos o sensores eléctricos que detienen la máquina si el material está mal puesto o si falta un componente.
 - **FMEA / AMFE (Análisis de Modo y Efecto de Falla):** Metodología para predecir qué partes del equipo pueden fallar y cómo impactará esa falla en la calidad del cliente.



TPM – PILAR 4

(Círculo con punto): Relación Fuerte / Directa. Si este componente de la máquina falla o se desajusta, el defecto en el producto aparece de forma inmediata.

(Círculo vacío): Relación Media / Indirecta. El componente influye, pero usualmente requiere combinarse con otra falla para generar el defecto.

(Triángulo): Relación Débil. El impacto es mínimo o muy esporádico.

Blanco (Vacío): Sin relación. El estado de ese componente no afecta en absoluto a ese defecto.

Defectos de Calidad del Producto	Componente 1: Barra Térmica (Temperatura)	Componente 2: Mordazas (Presión de Cierre)	Componente 3: Cuchilla (Afilado / Altura)	Componente 4: Rodillos (Tensión del Film)
Estándar del Equipo (Condición Perfecta)	(160 +- 5) °C	(4.5 +- 0.2) bar	Holgura < 0.05 mm	Presión 2.0 bar
Método de Medición	Pirómetro / Sensor	Manómetro de Línea	Calibrador de láminas	Manómetro de entrada
1. Sellado Abierto / Fuga de producto	●		▲	▲
2. Plástico Quemado / Perforado	●	●		



TPM – PILAR 5

Pilar 5: Prevención del Mantenimiento (Gestión Temprana)

- **Función Principal:** Diseñar o comprar equipos nuevos utilizando la experiencia acumulada de los operarios y técnicos, asegurando que las nuevas máquinas sean fáciles de operar, fáciles de mantener y confiables desde el primer día.
- **Importancia:** Evita los "dolores de cabeza" típicos cuando se compra una máquina nueva (que no hay repuestos, que los cables estorban, que es difícil de limpiar). Logra un **Arranque Vertical (Vertical Start-up)**, produciendo a máxima capacidad en tiempo récord.
- **Herramientas Clave:**
 - **Listas de Verificación de Mantenibilidad:** Preguntas de diseño previas a la compra (ej. *¿Los puntos de lubricación son accesibles sin desarmar la estructura?*).



TPM – PILAR 5

Item	Criterio de Mantenibilidad a Evaluar	Cumple (SÍ/NO)	Observaciones / Acción Requerida
1	Accesibilidad: ¿Los puntos de lubricación, filtros y motores son accesibles sin desmontar otras estructuras grandes?		
2	Estandarización: ¿Los rodamientos, pernos, sensores y componentes eléctricos son de marcas/medidas comerciales comunes en la planta?		
3	Seguridad (LOTO): ¿El equipo cuenta con válvulas e interruptores principales candadeables para bloqueo de energías (eléctrica, neumática, hidráulica)?		
4	Gestión Visual: ¿Los manómetros, visores de aceite y sentidos de giro tienen marcas claras de rango óptimo (verde/rojo)?		
5	Ergonomía y Peso: ¿Los componentes pesados (>20\$ kg) sujetos a cambio frecuente disponen de cáncamos, ganchos o espacio para tecles/montacargas?		
6	Fácil Limpieza: ¿Las superficies y guardas de protección permiten eliminar acumulaciones de polvo, agua o residuos rápidamente?		
7	Documentación: ¿El proveedor incluye manuales técnicos legibles, planos eléctricos/neumáticos actualizados y lista de repuestos críticos recomendados?		



TPM – PILAR 6

Pilar 6: Educación y Entrenamiento

- **Función Principal:** Desarrollar de forma continua las capacidades, habilidades y competencias técnicas de todo el personal de la planta.
- **Importancia:** El TPM es 80% cultura y personas. Si los operadores no elevan su nivel técnico, destruirán los equipos; si los técnicos no se actualizan, no sabrán reparar tecnologías nuevas.
- **Herramientas Clave:**
 - **Matriz de Habilidades (Skill Matrix o Matriz Polivalencia):** Una tabla visual que califica al personal en 4 niveles (1. No sabe, 2. Sabe la teoría, 3. Hace el trabajo solo, 4. Puede enseñar a otros).
 - **DOJO de Entrenamiento:** Un espacio físico o aula de taller dentro de la fábrica con maquetas reales donde los trabajadores practican el desarmado, lubricación y seguridad antes de ir a las líneas de producción.



TPM – PILAR 6

Personal / Operadores	Habilidad 1: Operación de Envasadora	Habilidad 2: Mantenimiento Autónomo (LLI)	Habilidad 3: Cambio de Formato (SMED)	Habilidad 4: Seguridad y LOTO
Juan Pérez	● (Instructor)	● (Instructor)	◐ (Autónomo)	● (Instructor)
María Gómez	◐ (Autónomo)	◐ (Teoría)	○ (No sabe)	◐ (Autónomo)
Carlos Ruiz	◐ (Teoría)	◐ (Autónomo)	● (Instructor)	◐ (Autónomo)
Ana López	○ (No sabe)	○ (No sabe)	○ (No sabe)	



TPM – PILAR 7

Pilar 7: TPM Administrativo (TPM en Oficinas)

- **Función Principal:** Mejorar la productividad, tiempos de respuesta y eficiencia de los departamentos de soporte (Compras, Logística, Almacén, Recursos Humanos, Finanzas).
- **Importancia:** Una máquina en producción puede estar parada por días no por culpa del técnico, sino porque el departamento de Compras tardó dos semanas en cotizar un rodamiento. Las oficinas también generan "desperdicios" (pérdida de información, burocracia, demoras).
- **Herramientas Clave:**
 - **Makigami (Mapeo de Procesos Administrativos):** Similar al VSM, es un mapa visual que rastrea el flujo de documentos e información para eliminar pasos innecesarios.
 - **5S en Entornos Digitales y Físicos:** Ordenar archivos en computadoras, correos electrónicos y carpetas físicas para reducir tiempos de búsqueda.



TPM – PILAR 8

Pilar 8: Seguridad, Salud y Medio Ambiente (SHE)

- **Función Principal:** Lograr **Cero Accidentes, Cero Enfermedades Ocupacionales y Cero Contaminación**, integrando la seguridad a las actividades diarias de mantenimiento y operación.
- **Importancia:** Protege el recurso más valioso de cualquier organización: el ser humano. Una planta con altos índices de accidentes destruye la moral del equipo y enfrenta graves sanciones legales.
- **Herramientas Clave:**
 - **IPECRC (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos):** Matriz obligatoria para analizar los riesgos de cada puesto de trabajo.
 - **Procedimiento LOTO (Lockout / Tagout):** Sistema de bloqueo físico con candados y tarjetas para asegurar que nadie encienda una máquina mientras un técnico o un operador está dentro de ella limpiando o reparando.
 - **Reportes de Near-Miss (Cuasi-accidentes):** Tarjetas de seguridad donde cualquier empleado reporta una condición peligrosa (ej. "piso resbaladizo con agua") antes de que ocurra un accidente real.

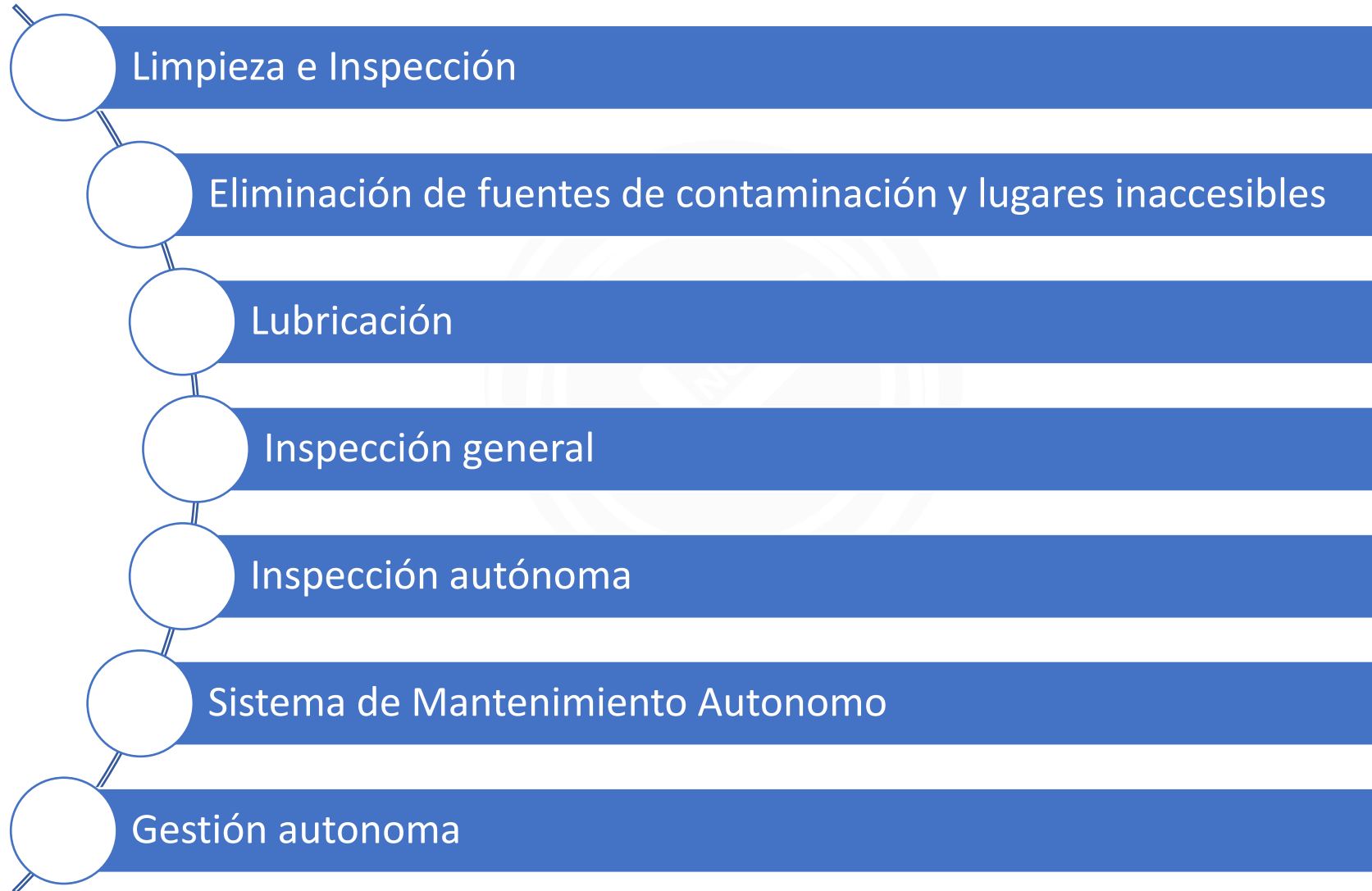


TPM – PILARES

Pilar	Función Principal	Herramientas Clave
1. Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)	Eliminar de forma sistemática las grandes pérdidas de los equipos para maximizar la eficiencia global.	Análisis PM, 5 Porqués, Diagrama de Ishikawa, Análisis de Pareto.
2. Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)	Desarrollar operadores que sean capaces de cuidar su propio equipo (limpieza, lubricación, inspección).	Tarjetas (Tags) de anomalías, LUPs (Lecciones de Un Punto), Checklists, Estándares de limpieza.
3. Mantenimiento Planificado	Lograr "cero averías" a través de un sistema estructurado de mantenimiento preventivo y predictivo por parte de técnicos.	Análisis MTBF/MTTR, Termografía, Análisis de vibraciones, Matriz de criticidad.
4. Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen)	Establecer condiciones en el equipo que no produzcan defectos de calidad (Cero defectos).	Matriz QA (Calidad-Aseguramiento), FMEA, Control Estadístico de Procesos (SPC).
5. Prevención del Mantenimiento (Control Inicial)	Diseñar o instalar nuevos equipos que sean fáciles de operar, mantener y que no fallen.	LCC (Costo de Ciclo de Vida), Hojas de chequeo de MP, Gestión de proyectos.
6. Educación y Entrenamiento	Elevar las habilidades de los operadores, técnicos y líderes para que puedan sostener el TPM.	Matriz de Habilidades (Skill matrix), DOJO de entrenamiento, Planes de capacitación OJT.
7. TPM Administrativo	Hacer que los procesos administrativos (compras, almacén, finanzas) sean eficientes para respaldar la producción.	VSM (Mapeo de flujo de valor), 5S en oficinas, Gestión visual de KPIs.
8. Seguridad, Salud y Medio Ambiente (SHE)	Garantizar cero accidentes y cero contaminación térmica, acústica o ambiental.	Matriz de evaluación de riesgos (IPERC), Pirámide de Bird, Análisis de incidentes.



TPM





TPM

Paso	Denominación del Paso	Objetivo Principal	Actividades Clave del Operario	Entregables / Herramientas Asociadas
1	Limpieza e Inspección	Descubrir anomalías ocultas mediante el contacto físico y directo con el equipo. Frenar el deterioro forzado.	Limpiar a fondo la máquina (retirar grasa, polvo, virutas). Buscar pernos sueltos, grietas o fugas mecánicas.	Tarjetas de Anomalías (Rojas/Azules), Reporte de hallazgos iniciales.
2	Eliminación de fuentes de contaminación y lugares inaccesibles	Reducir los tiempos de limpieza y facilitar la inspección diaria atacando la raíz de la suciedad.	Diseñar resguardos, modificar tapas, reubicar componentes o canalizar fugas para que la máquina no se ensucie rápido.	Proyectos Kaizen pequeños (Quick Wins), Mapas de zonas difíciles de limpiar.
3	Lubricación	Estandarizar las tareas básicas de preservación mecánica para evitar fricciones y desgastes.	Diseñar la rutina óptima de engrase y niveles. Definir tipos de lubricantes, cantidades y métodos correctos.	Estándar LLI (Limpieza, Lubricación e Inspección), Controles Visuales (marcas de nivel).
4	Inspección general	Elevar el conocimiento técnico del operario para que entienda las funciones de los sistemas de su máquina.	Recibir capacitación técnica por parte de los ingenieros sobre neumática, hidráulica, transmisión y electricidad básica.	Lecciones de Un Punto (LUPs), Matriz de Habilidades (Skill Matrix).
5	Inspección autónoma	Consolidar la rutina diaria y optimizar el tiempo que el operador dedica a revisar el equipo sin perder productividad.	Unificar los estándares de los pasos 1, 2 y 3 en una sola rutina de chequeo rápido, eficiente y visual.	Checklist Definitivo de Mantenimiento Autónomo, Cronometrado de rutinas.
6	Sistema de Mantenimiento Autónomo	Organizar el entorno físico de la máquina y estandarizar el flujo de información del área de trabajo.	Aplicar 5S avanzadas al taller, estandarizar el flujo de repuestos menores, herramientas de cambio y registros de datos en piso.	Tableros de Gestión Visual, Controles de inventario en línea, Estandarización de herramientas.
7	Gestión autónoma	Lograr la madurez total de los equipos de trabajo. El operario es dueño de la mejora continua de su proceso.	Monitorear de forma independiente los KPIs del área (OEE, Averías). Desarrollar sus propios análisis de causa raíz y Kaizens.	Gráficos de control de OEE, Análisis de 5 Porqués liderados por operarios, Auditorías cruzadas.



MANTENIMIENTO AUTONOMO VS PREVENTIVO

Uno de los mayores mitos es creer que el operador le "quitará" el trabajo al técnico de mantenimiento.

Mantenimiento Autónomo (Operador): Evita el deterioro del equipo. El operador limpia, aprieta, lubrica e inspecciona visualmente día a día. Ellos son los "médicos generales" que detectan los primeros síntomas de la máquina.

Mantenimiento Preventivo/Planificado (Técnico): Mide y recupera el deterioro del equipo. Los técnicos se liberan de tareas rutinarias (como limpiar la máquina) y dedican su tiempo a mantenimiento predictivo, reemplazo de partes internas, análisis de termografía y mejora de diseños. Ellos son los "cirujanos especialistas".

El ciclo de retroalimentación: El operador emite *Tarjetas Rojas* al detectar algo que no puede arreglar. El técnico interviene y arregla el fallo de la tarjeta roja, y a su vez, *entrena* al operador creando *LUPs* para que este eleve su conocimiento técnico.

¡Gracias!



Centro de
Especializaciones
Noeder

Conéctate con nuestra comunidad

