

Jorge Sierra y Acosta, Francisco García Mora y
Luz Beatriz Bañuelos Romo



Mantenimiento para bienes de capital

Una encuesta realizada en Mipymes de la delegación Iztacalco de la Ciudad de México arrojó que estas empresas carecen de planes y programas de mantenimiento, por lo que los empresarios no tienen idea de las pérdidas que se ocasionan. Por tal motivo, aquí se presenta un artículo útil para implementar un plan maestro de mantenimiento, que permitirá incrementar la productividad y la economía empresarial.

En cualquier industria de transformación –sin importar su tamaño– una de las áreas principales para el aseguramiento de la calidad de los procesos productivos es el departamento de mantenimiento. Sin embargo, en éste se trabaja, por lo general, sin considerar los objetivos, las responsabilidades y las funciones de los departamentos a los que sirve. La actuación del departamento de mantenimiento se acerca más a trabajar de manera aislada, sin reconocer que forma parte de un sistema empresarial.

En una encuesta realizada en 14 Mipymes (micro, pequeña y mediana empresa) en la delegación Iztacalco de la Ciudad de México, se encontró que:

- 64% de las empresas no clasifica sus máquinas en: vitales, importantes y triviales;
- 71% no cuenta con un plan maestro de mantenimiento;
- 78% no lleva una bitácora diaria de mantenimiento por máquinas y fallas.

Con sólo estas tres respuestas se deduce que las empresas se dedican a dar casi exclusivamente un mantenimiento contingente a su maquinaria, sin preocuparse por cualquier otro tipo de mantenimiento. Trabajan con la filosofía de reparar la maquinaria hasta que deje de funcionar correctamente, sin tomar en cuenta que existen otros procedimientos más efectivos y menos estresantes para evitar fallas.



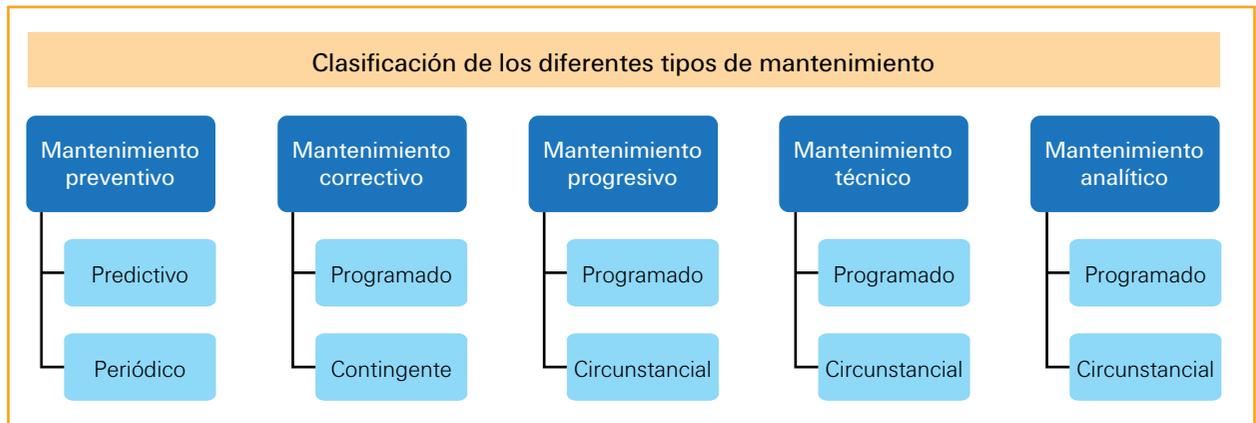


Figura 1. Clasificación de los diferentes tipos de mantenimiento (Dounce, 2004).

Bajo este tenor, los empresarios no se dan cuenta de las pérdidas que les ocasiona carecer de planes y programas de mantenimiento que beneficien sus resultados económicos y operativos. Un mantenimiento efectivo se debe considerar de acuerdo con la clasificación que se presenta en la Figura 1.

Tipos de mantenimiento

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo tiene por objeto reducir a un mínimo las fallas que se puedan presen-

tar por contingencias. Se subdivide en predictivo y periódico:

- *Mantenimiento predictivo.* Se fundamenta con datos estadísticos que permiten establecer las probabilidades de falla de la maquinaria.
- *Mantenimiento periódico.* Puede ser rutinario, cuando las actividades de mantenimiento se programan en lapsos menores a un mes, o estrictamente periódico o de conservación, cuando las actividades de mantenimiento se programan en intervalos de un mes o más.

Ambos tipos de mantenimiento se ejecutan para evitar que las máquinas detengan su operación. Asimismo, proporcionan un servicio que da continuidad a los procesos productivos y además conservan y alargan la vida útil de la maquinaria que se usa para la operación de dichos procesos.

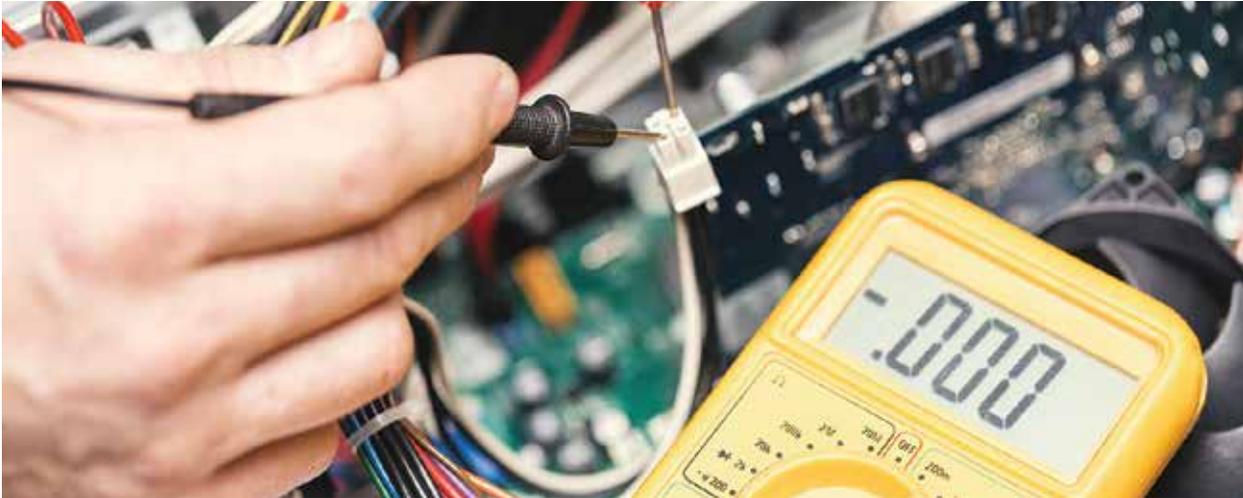
Las actividades más comunes del mantenimiento preventivo consisten en apretar, ajustar, alinear, limpiar, lubricar, inspeccionar y estandarizar.

Mantenimiento correctivo

Es el mantenimiento que se realiza cuando la maquinaria deja de operar y debe ser reparada.

- *Mantenimiento correctivo contingente.* Cuando la falla o fallas son repentinas y obligan a detener la operación del equipo para su reparación. En estos casos, no siempre se cuenta con todos los elementos





y recursos para efectuar las reparaciones y los tiempos de compostura se alargan, lo cual incide significativamente en los costos ejercidos. En el argot de mantenimiento se dice que “hay que parar hasta que la máquina deje de operar correctamente”.

- *Mantenimiento correctivo programado.* Cuando el paro está calendarizado y se cuenta con todos los elementos y recursos para reparar la maquinaria y ponerla a trabajar normalmente. Las operaciones de mantenimiento se agilizan y los costos de reparación se reducen. El programa para corregir posibles fallas se elabora durante la observación e inspección que se hace a la maquinaria, durante el mantenimiento preventivo. Si la posible falla detectada no se considera relevante para detener la continuidad del proceso productivo, su atención se programa para una fecha posterior, ligada con otro paro programado en el que se pueda tener el equipo a disposición del departamento de mantenimiento para efectuar ambas reparaciones. De no ser así, la falla se atenderá como si se tratara de un mantenimiento correctivo contingente.

Mantenimiento progresivo

Consiste en dar mantenimiento a la maquinaria por etapas. Las máquinas son un sistema formado por varios subsistemas. En cada etapa se le da mantenimiento a un subsistema o a varios. De esta manera, se va haciendo un mantenimiento progresivo hasta que

todos los subsistemas son atendidos. Por ejemplo: en un medio de transporte automotriz, en una fecha se puede revisar el subsistemas de frenos, en otra el de transmisión, en otra el eléctrico, y así, hasta cumplir un mantenimiento total en el que sean atendidos todos los sistemas por etapas. El mantenimiento puede ser programado o circunstancial:

- *Mantenimiento progresivo programado.* Se establece un calendario para atender cada uno de los sistemas que forman parte de una maquinaria, como se ilustró en el ejemplo del autotransporte.
- *Mantenimiento progresivo circunstancial.* Se realiza al mismo tiempo que se atienden otros tipos de fallas. En estos casos se aprovecha la disponibilidad del equipo.

Mantenimiento técnico

Es el mantenimiento que se ejecuta de acuerdo con las indicaciones que se reportan en el manual de mantenimiento que se recibe con la maquinaria. Son las recomendaciones del fabricante para que la máquina se conserve en un estado óptimo de operación.

- *Mantenimiento técnico programado.* Se establece un programa de mantenimiento y conservación de la maquinaria basado en las recomendaciones de los fabricantes.
- *Mantenimiento técnico circunstancial.* Se aprovechan tiempos de paro para atender fallas de otro tipo.



Inclusive se puede aplicar modificando las fechas establecidas en los programas.

Mantenimiento analítico

Este tipo de mantenimiento se basa en un análisis profundo de la información proporcionada por captadores y sensores dispuestos en los sitios más convenientes de los recursos vitales e importantes de la empresa, de tal manera que, por medio de un programa de visitas, pueden ser inspeccionados con la frecuencia necesaria para anotar los datos y las lecturas resultantes. Un analista la revisa y combina con la información que, para el efecto, tiene en el banco de datos relativos al recurso, tales como el tiempo que el recurso ha estado trabajando sin que produzca una falla, la carga de trabajo a que está sujeto, las condiciones del ambiente en donde está instalado, la cantidad y los tipos de falla que ha sufrido, etcétera. Para efectuar este mantenimiento con eficacia, es conveniente valerse de métodos estadísticos con el acopio de la información para establecer las funciones de densidad probabilística que correspondan.

- *Mantenimiento analítico programado.* Consiste en calendarizar las fechas probables para efectuar el mantenimiento, las cuales dependen de la distribución de probabilidad de las reparaciones en cuestión.
- *Mantenimiento analítico circunstancial.* Cuando sea posible aprovechar los tiempos de paro, de atención a otras fallas, o cuando la falla se presente en un paro contingente en fechas no programadas.

■ Plan maestro de mantenimiento de bienes de capital

De la descripción y el análisis de los tipos de mantenimiento que se pueden realizar en una empresa, surge la necesidad de elaborar un plan maestro de mantenimiento de bienes de capital, que permita calendarizar los servicios que el departamento de mantenimiento le debe de proporcionar a sus clientes, que son todos los departamentos de la empresa; en especial, al departamento de producción, puesto que es el más importante. Las responsabilidades, funciones, actividades y tareas del departamento de mantenimiento tienen como objetivo evitar que se interrumpa la fluidez de los procesos productivos. Si la maquinaria no para por fallas o por cualquier tipo de mantenimiento que se realice en ella, y además se encuentra en perfectas condiciones de operación, la capacidad de producción será siempre la óptima. El servicio de mantenimiento existe para evitar paros de la maquinaria y para que ésta opere al máximo de su capacidad.

Un plan adecuado de mantenimiento se elabora a través de una secuencia que empieza con el diseño de órdenes de trabajo y de programas de mantenimiento preventivos y predictivos. La aplicación de los órdenes de trabajo y el cumplimiento de los programas predictivos y correctivos proporciona información suficiente para generar programas de mantenimiento rutinario y correctivo que se complementan con programas de mantenimiento progresivo, técnico y analítico. Tras integrar estos programas, ya se puede elaborar el plan maestro de mantenimiento,



que se aplicará tanto para conservar los bienes de capital como para el control y presupuesto de todas las actividades de mantenimiento. Asimismo, las órdenes de trabajo –registradas en un documento denominado “Bitácora Diaria de Mantenimiento”– permitirán efectuar un historial de trabajos, fallas y reparaciones, útil para elaborar procedimientos, con tiempos y recursos que se apliquen a la atención de cada falla.

El análisis de las bitácoras permitirá hacer un concentrado de la información en donde se registren los tipos de fallas encontradas, los tiempos perdidos por cada falla y su clasificación en vitales, importantes y triviales, de acuerdo con los paros obtenidos por cada grupo de fallas. Además, la bitácora puede ayudar a detectar operarios que causan más fallas que otros, lo que sugiere que hubo posibles deficiencias en su entrenamiento o descuidos en la operación.

■ Clasificación de las máquinas en vitales, importantes y triviales

■ Un aspecto trascendental para elaborar el plan maestro de mantenimiento lo representa la clasificación de las máquinas en vitales, importantes y triviales.

- *Maquinaria vital.* Es aquella que por una falla en su operación puede derivar en daños físicos a las personas, y materiales a las instalaciones. Son de alto impacto para la empresa porque ocasionan pérdidas humanas y económicas considerables.
- *Maquinaria importante.* Es aquella cuyas fallas pueden causar daños físicos significativos a los ope-

radores y pérdidas económicas de menor impacto que las vitales.

- *Maquinaria trivial.* Es aquella cuyas fallas ocasionan daños leves en el personal que las opera y su impacto económico es igualmente de un bajo nivel.

Se ha observado que la clasificación de la maquinaria de acuerdo con estos criterios sigue la **Ley de la Distribución Deficiente de Pareto**, como se muestra en el Cuadro 1. No implica que los equipos triviales deban desatenderse en su mantenimiento. Todo aquello que impacte al recurso humano y dañe la economía de las organizaciones debe ser administrado y manejado con responsabilidad. Por sí mismo, el Cuadro 1 nos indica a qué clase de maquinaria se le debe prestar mayor atención y mayores recursos.

Tras reunir toda la información anterior ya se puede proceder a implantar un plan maestro de mantenimiento de bienes de capital, que permita incrementar la productividad de la empresa en que se aplique.

■ Procedimiento para implantar un plan maestro de mantenimiento de bienes de capital

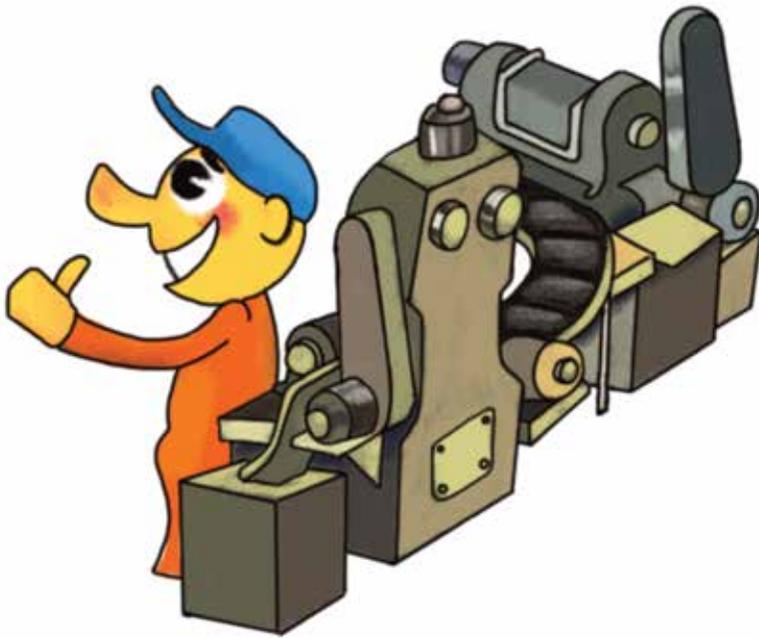
1. Clasificar la maquinaria y equipo en vitales, importantes y triviales, de acuerdo con su localización en áreas y departamentos.
2. Elaborar el plano de distribución (*layout*) de maquinaria y equipo, en el que se señale para cada uno de ellos su clasificación.
3. Diseñar órdenes de trabajo por cada clasificación y por tipo de mantenimiento. Deben contener

◀ Ley de la Distribución Deficiente de Pareto

De la estadística, se aplica en el caso de mantenimiento para clasificar las fallas que ocasionan costos para la empresa.

Cuadro 1. Clasificación de máquinas en vitales, importantes y triviales.

Clasificación	Fallas %	Impacto en capital humano y económico %	Observaciones
Vitales	20	80	Pocas fallas representan un alto impacto en los daños que afectan al personal y a la economía de la empresa.
Importantes	30	15	Un porcentaje relativamente alto de fallas tiene un impacto significativo en los daños al personal y a la economía de la empresa.
Triviales	50	5	Un porcentaje alto de fallas sólo impacta de manera leve al personal y a las economías de la empresa.



como información mínima: qué se va a hacer, quién lo va a hacer, cuándo y dónde lo va a hacer, cómo lo va a hacer, por qué lo va a hacer, y con qué recursos se va a hacer.

4. Clasificar y codificar las fallas de mantenimiento. Esta información se obtiene de las órdenes de trabajo.
5. Elaborar, codificar y corregir la bitácora de mantenimiento. Se obtiene con el registro de las órdenes de mantenimiento, en un formato específico en el que se lleva el historial diario de las reparaciones efectuadas, así como los hechos sobresalientes.

6. Analizar la bitácora y registrar la información en un concentrado de fallas y tiempos, para jerarquizar las fallas de mayor a menor tiempo de paro.
7. Elaborar programas de trabajos de mantenimiento orientados a reducir causas y tiempos de paros por fallas jerarquizadas.
8. Establecer índices para la evaluación del mantenimiento.
9. Elaborar un plan maestro de mantenimiento de máquinas por clasificación y programar el trabajo de acuerdo con el plan maestro.

Específicamente, el concentrado de fallas y tiempos de paro (puntos 6, 7, y 8) –así como su jerarquización, clasificación y atención basada en una distribución deficiente de Pareto– permitirá minimizar las fallas y los tiempos de paro por falla, lo que redundará en un incremento de la producción y, por tanto, del rendimiento y de la productividad. Los beneficios que se obtienen de un plan maestro de mantenimiento diseñado, implantado y después ejecutado son económicos y de conservación de equipo. De entrada, se reducen los tiempos muertos, se incrementa el tiempo disponible para la producción, se mejora la calidad de los productos y también la imagen de la empresa. En lo económico –que es el factor más importante que interesa mejorar a cualquier organización– las ventajas se explican por sí mismas en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Utilidad marginal perdida por productos que no se producen y por lo tanto no se venden.

Precio de venta	Utilidad neta		Utilidad marginal	80%
	Impuesto sobre la renta (ISR y PTU)			
	Otros gastos			
	Gastos financieros			
	Gastos de distribución y venta			
	Gastos de administración		Costo de producción	20%
	Mano de obra directa	Costos primos		
	Materiales directos			
	Mano de obra indirecta	Gastos indirectos		
	Materiales indirectos			

En él se observa que el costo de producción representa 20% del precio de venta, y la utilidad marginal, 80%. Si un producto no se produce y no se vende, la aportación que se deja de recibir en la empresa corresponde a 80% del precio de venta de cada unidad. Así es que si un producto tiene un precio de venta de 100 pesos, la empresa pierde como utilidad marginal 80 pesos por cada unidad no producida y no vendida. Por esta razón es tan importante que los procesos no paren.

Por ejemplo: en una industria de cerámica el metro cuadrado de mosaico cuesta 200 pesos. Se producen 600 m² por hora, pero la empresa tiene un paro en la línea de producción de 30 minutos para atender una falla de mantenimiento. La empresa perdería durante ese tiempo:

$$\begin{aligned} \text{Pérdida económica} &= (\$200/\text{m}^2) (0.80\%) (0.5\text{h}) (600\text{m}^2/\text{h}) \\ &= 48\,000 \text{ pesos por paro de 30 minutos} \end{aligned}$$

Bajo este canon, destaca la importancia de evitar los paros de las líneas de producción por fallas de mantenimiento y por cualquier otra circunstancia.

■ ■ ■ Conclusiones

■ ■ ■ Para que un plan de mantenimiento productivo sea eficaz, es necesario que contenga entre sus principales documentos de control el “Plan maestro de mantenimiento”, dividido de acuerdo con la clasificación de las máquinas en vitales, importantes y triviales. En una bitácora de mantenimiento se debe registrar la información diaria de las órdenes de trabajo de mantenimiento, así como los hechos sobresalientes relacionados con la preservación y conservación de la maquinaria e instalaciones. A su vez, los registros de la bitácora deben ser analizados, jerarquizados y clasificados considerando los tiempos de paro que ocasiona cada falla. De esta manera se podrán atender con prontitud las fallas que cau-

sen mayor impacto económico en las líneas de producción a consecuencia de tiempos improductivos. Si en una organización al menos se cuenta con el control de los conceptos referidos, se puede asegurar que tal empresa mejorará –sustancialmente– su productividad.

El presente artículo de divulgación se derivó del proyecto de investigación “Capacitación en línea para directivos de las Mipymes”, con número de registro 20151933 ante la SIP del IPN.

Jorge Sierra y Acosta

UPIICSA-Instituto Politécnico Nacional.
jsierra@gmail.com

Francisco García Mora

UPIICSA-Instituto Politécnico Nacional.
upiicsa_fgmore@yahoo.com.mx

Luz Beatriz Bañuelos Romo

PTC-Universidad del Valle de México.
luz.banuelos@uvmnet.edu

Lecturas recomendadas

- Chase, R. B., N. J. Aquilano y F. R. Jacobs (2000), *Administración de producción y operaciones*, México, McGraw Hill.
- Dounce, E. (2004), *La productividad en el mantenimiento industrial*, México, CECSA.
- Duffuaa, S., A. Raouf y J. Dixon (2000), *Sistemas de mantenimiento. Planeación y control*, México, Limusa/Wiley.
- Rosales, S. y M. Madrigal (2008), *Ingeniería industrial y mantenimiento*, México, UPIICSA-IPN.
- Sierra, J., A. Bustamante y M. Cerqueda (2010), *Pronósticos y control de inventarios*, México, Gasca.