



*Plan de mantenimiento productivo total para la línea de producción en Empresas dedicadas al diseño y elaboración de Bloques, Bordillos y Adoquines*

*Total productive maintenance plan for the production line in Companies dedicated to the design and manufacture of Blocks, Curbs and Paving Stones*

*Plano de manutenção produtiva total da linha de produção em Empresas dedicadas ao projeto e fabricação de Blocos, Meios-fios e Lajes*

Raúl Heriberto Andrango-Guayasamín <sup>I</sup>  
[raul.andrango@utc.edu.ec](mailto:raul.andrango@utc.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0007-6053-9111>

Edison Patricio Salazar-Cueva <sup>II</sup>  
[edison.salazar@utc.edu.ec](mailto:edison.salazar@utc.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-4395-0164>

Jenny Consuelo Ibarra-Esmeraldas <sup>III</sup>  
[jenibarrasj13@gmail.com](mailto:jenibarrasj13@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-00037-6580-6806>

**Correspondencia:** [raul.andrango@utc.edu.ec](mailto:raul.andrango@utc.edu.ec)

Ciencias Económicas y Empresariales  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de junio de 2023 \* **Aceptado:** 12 de julio de 2023 \* **Publicado:** 09 de agosto de 2023

- I. Docente Investigador Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- II. Docente Investigador Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- III. Investigadora Independiente, Ecuador.

## Resumen

El presente trabajo busca incorporar un Plan de Mantenimiento Productivo Total en las empresas dedicadas al diseño y elaboración de bloques, bordillos y adoquines. La propuesta se basa en mejorar la eficiencia global de la maquinaria a través de una investigación de campo y descriptiva, ya que se pudo evidenciar la falta de mantenimiento y posturas inadecuadas del personal que ocasionan dolencias. Se propone un plan TPM para maximizar la productividad, reducir costos, aumentar la producción y evitar lesiones en el área de trabajo. Teniendo como punto de partida la recolección de datos e información del mantenimiento de las máquinas vibro prensadas. Con estos datos primarios arrojados se determinó que la Vibro prensadora 003 tiene ineficiencias y se identificó movimientos repetitivos sin descansos que causan lesiones en los empleados que utilizan. Por tal motivo es imperioso desarrollar un plan de mantenimiento productivo total para aumentar la eficiencia y reducir los fallos de los equipos, asegurando la disponibilidad y confiabilidad para los trabajadores, sin errores ni accidentes, y mejorando la salud y la calidad del ambiente laboral.

**Palabras claves:** Eficiencia global; Lesión musculo esqueléticas; Mantenimiento productivo total; Método REBA; Productividad.

## Abstract

The present work seeks to incorporate a Total Productive Maintenance Plan in companies dedicated to the design and manufacture of blocks, curbs and paving stones. The proposal is based on improving the global efficiency of the machinery through a field and descriptive investigation, since it was possible to demonstrate the lack of maintenance and inadequate postures of the personnel that cause ailments. A TPM plan is proposed to maximize productivity, reduce costs, increase production and avoid injuries in the work area. Taking as a starting point the collection of data and information on the maintenance of vibro-pressed machines. With these primary data obtained, it was determined that the Vibro presser 003 has inefficiencies and repetitive movements without breaks that cause injuries to the employees they use were identified. For this reason, it is imperative to develop a total productive maintenance plan to increase efficiency and reduce equipment failures, ensuring availability and reliability for workers, without errors or accidents, and improving the health and quality of the work environment.

**Keywords:** Global efficiency; Musculoskeletal injury; Total productive maintenance; REBA method; Productivity.

## Resumo

O presente trabalho busca incorporar um Plano de Manutenção Produtiva Total em empresas dedicadas ao projeto e fabricação de blocos, meios-fios e lajes. A proposta baseia-se em melhorar a eficiência global do maquinário por meio de uma investigação de campo e descritiva, pois foi possível demonstrar a falta de manutenção e posturas inadequadas do pessoal que causam doenças. Um plano de TPM é proposto para maximizar a produtividade, reduzir custos, aumentar a produção e evitar lesões na área de trabalho. Tendo como ponto de partida o levantamento de dados e informações sobre a manutenção de máquinas vibroprensadas. Com esses dados primários obtidos, foi determinado que a prensa Vibro 003 possui ineficiências e foram identificados movimentos repetitivos sem quebras que causam lesões aos funcionários que utilizam. Por isso, é imprescindível desenvolver um plano de manutenção produtiva total para aumentar a eficiência e reduzir as falhas dos equipamentos, garantindo disponibilidade e confiabilidade aos trabalhadores, sem erros ou acidentes, e melhorando a saúde e a qualidade do ambiente de trabalho.

**Palavras-chave:** Eficiência global; Lesão musculoesquelética; Manutenção Produtiva Total; método REBA; Produtividade.

## Introducción

Todo plan de mantenimiento productivo total en una empresa debe considerar una adecuada metodología que incluya el diagnóstico, sugerencias ambientales, seguridad y plan de mantenimiento productivo total. "Tareas en el plan de mant. prod. total p/ la máquina: CA (Análisis de criticidad), AMFE(Análisis Modal de fallos y efectos) y mant. pred. según ISO 3655:1986. También se calculó OEE (eficiencia global de equipo) e identificar pérdidas de eficiencia. P." Gamarra @ V. Marquina [2], '22. Diseña plan de mantenimiento productivo total para incrementar operatividad de máquinas en Trapani cultivares del Perú. Con el fin de aumentar eficiencia, diagnosticar baja operatividad. Investigación basada en recolección y comparación de datos extraídos de periodos anteriores. Análisis de estándares propuestos en plan TPM. Moreira

Pino [3], en 2022, describió un informe donde se determina criticidad, mantenimiento, proceso y eficiencia global (OEE). Y se aplicó un plan de mantenimiento preventivo que aumentó la disponibilidad en 32,2% y eficiencia global en 23,60%. El uso metodológico basado en diagnóstico tiempos perdidos por problemas mecánicos, disminución de tiempos perdidos, capacitación de personal (problemas humanos en mantenimiento) y aumento de eficiencia de la máquina. Con la implementación del TPM, se redujo en un 58% los problemas humanos. 5% dism. probl. mec. 86.1% efectiv. prod. 33. 9% E. Reyes [5], en el 2020, desarrolló un plan de MPT en una empresa de transporte de mineral para aumentar la disponibilidad de flota. Su metodología basada en mejorar la disponibilidad de la flota de camiones, reducir el número de averías de las unidades de transporte y efectuar la planificación del mantenimiento preventivo. Con el plan TPM, disponibilidad de flota de camiones aumentó a 90% y unidades inoperativas se redujeron, aumentando los viajes en un 40%. En 2018, L. Llontop [6] propuso implementar TPM en extracción de jugo trapiche para medir impacto productividad en POMALCA SAA. Estudio analizó situación actual de empresa y cómo mantenimiento afecta extracción jugo, generando pérdidas económicas en eficiencia productiva. El texto abreviado quedaría así: "Identificó pérdidas en extracción de jugo, calculó efectividad de equipos y propuso mantenimiento total productivo".

### **Objetivo General**

Establecer un plan de Mantenimiento Productivo Total en la línea de producción de bloques, bordillos y adoquines para el mejoramiento de la eficiencia global de la maquinaria y de las condiciones de trabajo.

### **Objetivo Especifico**

Analizar resultados anteriores vs actual una vez implementada la metodología de la maquinaria de la línea de producción, mediante un análisis de criticidad y AMEF para la identificación de la maquinaria con mayor criticidad.

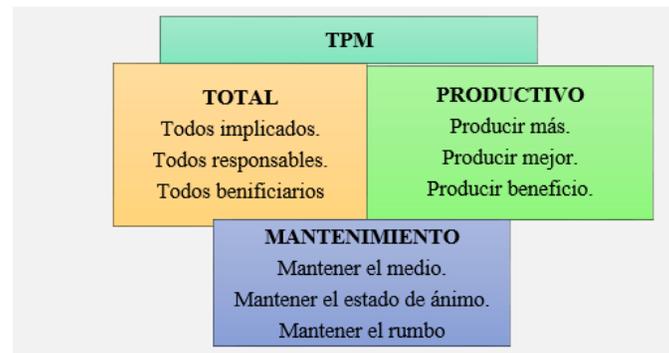
Evaluar al personal de mantenimiento mediante el método REBA para determinar el nivel de riesgo y de actuación de lesiones musculoesquelética.

Elaborar un plan de mantenimiento productivo total para la línea de producción, en base a los datos obtenidos.

## Metodología

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología Lean Manufacturing que busca mejorar la producción de una organización industrial a través de prevención, cero defectos y accidentes, y participación activa de las personas. Esto se logra mediante una serie de actividades ordenadas que disminuyen costos de mantenimiento y maximizan la vida útil de los equipos, generando confiabilidad.

Figura 1: Mantenimiento Productivo Total (TPM)



Fuente : Elaboración Propia (2022)

Así entonces, en cuanto a la Metodología de Análisis de Criticidad (CA) permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos según su impacto global para facilitar decisiones. EL análisis de criticidad identifica áreas con mayor atención de mantenimiento en función del proceso. En este trabajo hemos obtenido como fuente primaria el estudio de criticidad aplicado que se usa: para priorizar órdenes de trabajo en producción, mantenimiento y dirigir políticas de mantenimiento hacia áreas, sistemas críticos. [13] Definir Neces. Mantenimiento quien se basa en condición priorización de proyectos de inversión. Diseñar políticas de mantenimiento. Seleccionar política de manejo de repuestos y materiales. Los pasos para la aplicación del Análisis de Criticidad (CA) son:

- Identificación de los equipos a estudiar
- Definición de alcance y objetivo del estudio
- Selección del personal a entrevistar Informativa al personal sobre la importancia del establecimiento. Recolección y verificación de datos. Establecimiento de lista jerarquizada de

equipos. La criticidad se evalúa como sigue ecuación: [13]. La información recolectada en un estudio de criticidad puede ser usada para:

- Priorizar ordenes de trabajo de producción y mantenimiento.
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.
- Definir necesidades de Mantenimiento Basado en Condición.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

Los pasos para la aplicación del Análisis de Criticidad son:

- Identificación de los equipos a estudiar,
- Definición de alcance y objetivo del estudio.
- Selección del personal a entrevistar.
- Informar al personal sobre la importancia del estudio.
- Recolección y verificación de datos.
- Establecimiento de la lista jerarquizada de los equipos.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se usa una matriz de frecuencia por consecuencia de falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias si ocurre una falla variable que se detallan a continuación.

Figura 2: Matriz de Criticidad

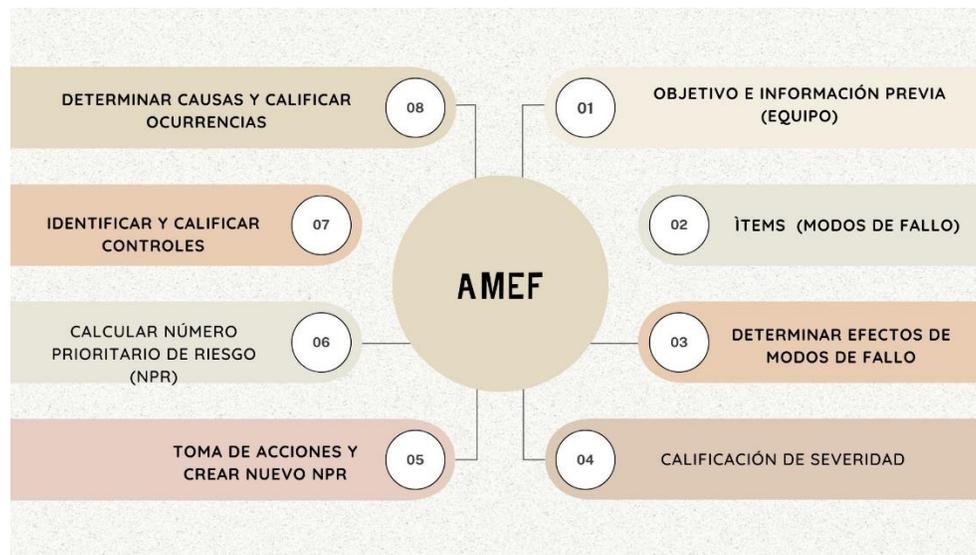


Fuente : Elaboración Propia (2022)

En otro orden de ideas, conviene señalar la metodología AMEF es una herramienta de desarrollo de producto o proceso y afectan a la calidad del producto o servicio; el presente esquema ilustra

las etapas de fallo potenciales por las cuales se diseña un producto bien o servicio con el fin es minimizar toda clase de riesgo asociado a fallos.

Figura 3: Metodología AMEF



Fuente : Elaboración Propia (2022)

El procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención. [15]

Tabla 1: Clasificación de fallas

Características	Metodología tradicional	Metodología ágil
Fallas Tempranas	Causadas por problemas de materiales, de diseño o de montajes.	Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas.
Fallas Adultas	Causadas por las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las	Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil.

	anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos en una máquina, etc.).	
Fallas Tardías	Causadas por la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de la aislación de un motor eléctrico, pérdida del flujo luminoso de una lámpara, etc.).	Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta.

Fuente : Elaboración Propia (2022)

La Eficiencia Global De Equipos (OEE); es un indicador vital que representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos. Es un indicador poderoso que requiere de información diaria del proceso, también se utiliza para evaluar diferentes componentes del proceso de producción como: disponibilidad, rendimiento y calidad.

Las siguientes, son las fórmulas utilizadas para el cálculo del OEE [12]:

$$\textit{Tiempo total} = \textit{Tiempo disponible} + \textit{Tiempo planeado}$$

$$\textit{Tiempo planeado} = \textit{Reuniones, comidas, MP, etc.}$$

$$\textit{Tiempo disponible} = \textit{Tiempo total} - \textit{Tiempo planeado}$$

$$\textit{Tiempo productivo} = \textit{Tiempo disponible} - \textit{Tiempo muerto}$$

$$\textit{Tiempo muerto} = \textit{Tiempo de averías} + \textit{Tiempo de cambio de producto}$$

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{\textit{Tiempo productivo}}{\textit{Tiempo disponible}}$$

$$\textit{Capacidad productiva} = \textit{Tiempo productivo} \times \textit{Capacidad estándar}$$

$$\textit{Producción real} = \textit{Tiempo productivo} \times \textit{Capacidad real}$$

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Capacidad productiva}}$$

$$Calidad = \frac{(Producción\ real - Unidad\ defectuosa)}{Producción\ total}$$

$$OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad$$

Para el cálculo de la eficiencia se trabajó en base a datos obtenidos en campo de la empresa Bloqcenter en el área de producción de bloques y adoquines. Mediante el siguiente cálculo se define la eficiencia global de los equipos.

Se tomó los valores de 8 horas diarias de trabajo, en 1 turno con un tiempo determinado para el almuerzo, reuniones y cambio de componentes y otros turnos de parada durante el turno de trabajo.

Tabla 2: Eficiencia Global de la Vibro prensadora 001

<b>OEE EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO – MAQ 1</b>	
Tiempo de turno	480 min
N.º de turno	1 turno
Tiempo total	480 min
Tiempo disponible	435 min
Tiempo muerto	60 min
Tiempo productivo	375 min
<b>INDICE DE DISPONIBILIDAD</b>	86,21%
Capacidad productiva	75.000 unid
Producción real	73.750 unid
<b>ÍNDICE DE EFICIENCIA</b>	98,33%
<b>CALIDAD</b>	96,67%
<b>OEE</b>	81,94%

Fuente : Elaboración Propia (2022)

Tabla 3: Eficiencia Global de la Vibro prensadora 002

<b>OEE EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO – MAQ 2</b>	
Tiempo de turno	480 min
N.º de turno	1 turno
Tiempo total	480 min

Tiempo disponible	435 min
Tiempo muerto	60 min
Tiempo productivo	375 min
<b>INDICE DE DISPONIBILIDAD</b>	86,21%
Capacidad productiva	10.500 unid
Producción real	10.325 unid
<b>ÍNDICE DE EFICIENCIA</b>	98,33%
<b>CALIDAD</b>	90,71%
<b>OEE</b>	76,90%

Fuente : Elaboración Propia (2022)

Tabla 4: Eficiencia Global de la Vibro prensadora 003

<b>OEE EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO – MAQ 3</b>	
Tiempo de turno	3000 min
N.º de turno	1 turno
Tiempo total	300 min
Tiempo disponible	280 min
Tiempo muerto	30 min
Tiempo productivo	250 min
<b>INDICE DE DISPONIBILIDAD</b>	89,29%
Capacidad productiva	6.000 unid
Producción real	5.900 unid
<b>ÍNDICE DE EFICIENCIA</b>	98,33%
<b>CALIDAD</b>	86,67%
<b>OEE</b>	76,09%

Fuente : Elaboración Propia (2022)

### Análisis de resultados

El análisis de las 3 maquinarias y mediante los datos recolectados de producción de cada una se obtuvo que la maquina #001 se encuentra en rango aceptable en donde se tiene pérdidas económicas ligeras, de la misma manera la maquina #002 se encuentra en un rango aceptable ya que la OEE es de 76,90% que menciona que se tiene una perdida ligera y por último la maquina

#003 se encuentra en rango regular- aceptable ya que su OEE es más bajo que el resto de la maquinaria siendo el 76,09% por cuanto se necesita mejorar las eficiencia para establecer en un rango bueno y que se pueda tener valores buenos con mayor competitividad los mismos que se lograra con la ejecución del plan de mantenimiento productivo total en la línea de producción Bloqcenter. La Tabla siguiente refleja los resultados obtenidos

Tabla 5: Resultados OEE

OEE	CALIFICATIVO	CONSECUENCIA
OEE < 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Bueno	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados · "World Class."
OEE > 95%	Excelente	Competitividad Excelente.

Fuente : Elaboración Propia (2022)

## Conclusiones

- Mediante el análisis de criticidad y el AMEF, se determinó las máquinas con mayor criticidad en la línea de producción, identificando aquellas máquinas cuyas fallas o mal funcionamiento tienen un impacto significativo en la producción, los tiempos de entrega o la calidad de los productos. Estas máquinas se vuelven prioritarias para la implementación de acciones preventivas y de mantenimiento.
- La evaluación del personal de mantenimiento con el método REBA tiene un enfoque proactivo, ya que se busca prevenir las lesiones musculoesqueléticas en lugar de esperar a que prevenir. Al identificar los riesgos y tomar medidas preventivas, se reduce las posibilidades de que se produzcan lesiones y se promueve un entorno laboral más seguro y saludable.
- El Plan de Mantenimiento Productivo Total para la línea de producción Bloqcenter en base a los datos obtenidos, permitirá una optimización de los recursos, reducción de los

tiempos de inactividad, una mejora en la calidad de los productos y un compromiso del equipo. Además, se establece un proceso de seguimiento y mejora continua para garantizar la eficacia del plan a largo plazo.

## Referencias

1. Darren R. Linkin, Caroline Sausman, Lilly Santos, Clarence Lyons, Catherine Fox, Linda Aumiller, John Esterhai, Beverly Pittman, and Ebbing Lautenbach (2005). Applicability of Healthcare Failure Mode and Effects Analysis to Healthcare Epidemiology: Evaluation of the Sterilization and Use of Surgical Instruments. *Clinical Infectious Diseases*; 41:1014–9
2. DIEGO-MAS, JOSE ANTONIO (2015). *Evaluación postural mediante el método REBA*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia.  
online: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
3. Ho, C. C., & Liao, C.-J. (2011). The use of failure mode and effects analysis to construct an effective disposal and prevention mechanism for infectious hospital waste. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 31(12), 2631–7. doi: 10.1016/j.wasman.2011.07.011
4. International Standard ISO (1986). Acceptance conditions for vertical turning and boring lathes with one or two columns and a Single fixed or movable table - General introduction and testing of the accuracy . Norma ISO 2655.  
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/9102/33ad2d32774a41f0be0ba85ad1850e47/ISO-3655-1986.pdf>
5. Parra Márquez & Crespo Márquez (2020). Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos. Introducción al Modelo Integral de Gestión del Mantenimiento y de la Confiabilidad alineado con el enfoque de la norma: UNE 16646 (Mantenimiento en la Gestión de Activos Físicos). <file:///C:/Users/DELL/Desktop/3.Tcnicas-analisisdecriticidad-jerarquizacin-MduloIII.pdf>
6. Vargas-Hernández, José G.; Muratalla-Bautista, Gabriela; Jiménez-Castillo, María Lean M (2016). Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?

Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. V, núm. 17, pp. 153-174  
Universidad de Carabobo Carabobo, Venezuela

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).