

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.360>

## **Análisis del mantenimiento productivo total (TPM) para la optimización del uso de maquinaria en la industria arrocera: un enfoque estratégico hacia la eficiencia y productividad**

*Analysis of Total Productive Maintenance (TPM) for Optimizing Machinery Usage in the Rice Industry: A Strategic Approach to Efficiency and Productivity*

**Carlos Daniel Campoverde Pillajo**

[ccampoverdep1@unemi.edu.ec](mailto:ccampoverdep1@unemi.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0000-4466-3584>

Universidad Estatal de Milagro  
Ecuador – Milagro

**Genesis Alexandra Loor Espinoza**

[gloore@unemi.edu.ec](mailto:gloore@unemi.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0007-8805-3017>

Universidad Estatal de Milagro  
Ecuador – Milagro

**Paola Estefanía Guevara Molina**

[pguevaram3@unemi.edu.ec](mailto:pguevaram3@unemi.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0005-4485-2293>

Universidad Estatal de Milagro  
Ecuador - Milagro

*Artículo recibido: 20 agosto 2024 - Aceptado para publicación: 26 septiembre 2024*  
*Conflictos de intereses: Ninguno que declarar*

### **RESUMEN**

Uno de los principales problemas en Industrias arroceras es la mala planificación de mantenimiento, en el que se ven involucradas sus equipos y maquinarias, dando como resultado paradas frecuentes, tiempos inactivos, disminución de productividad y aumento de costos de reparación. La industria arrocera, como muchas otras dentro del sector agroalimentario, enfrenta el desafío constante de maximizar la eficiencia operativa y reducir los tiempos de inactividad de su maquinaria. Este artículo explora la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como una estrategia integral para optimizar el uso de la maquinaria en la producción de arroz. A través de estudios de caso y ejemplos prácticos, se demuestra cómo la adopción de TPM no solo mejora la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Como resultado se obtuvo el desarrollo de cronogramas de mantenimientos preventivos, autónomos y planificados, también llevar un cronograma de registros que verifique el seguimiento de los mantenimientos realizados, en el que se aproxima que la disponibilidad de las descascaradoras tuvo un aumento de 75% a un 92,50%, para la mesa paddy pasó de un 80,63% a un 94,38% y las prelimpias de un 83,13% a un 95%, siendo las máquinas que presentaban mayores fallas y tiempos de inactividad a inicios del proyecto

*Palabras clave:* rendimiento, disponibilidad, calidad, TPM

## ABSTRACT

One of the main problems in rice industries is poor maintenance planning, which involves their equipment and machinery, resulting in frequent stoppages, idle times, reduced productivity, and increased repair costs. The rice industry, like many others within the agrifood sector, constantly faces the challenge of maximizing operational efficiency and reducing machinery downtime. This article explores the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) as a comprehensive strategy to optimize machinery usage in rice production. Through case studies and practical examples, it is demonstrated how the adoption of TPM not only improves the availability and reliability of equipment. As a result, schedules for preventive, autonomous, and planned maintenance were developed, along with a record-keeping schedule to track the maintenance performed. It is estimated that the availability of the hullers increased from 75% to 92.50%, the paddy table from 80.63% to 94.38%, and the pre-cleaners from 83.13% to 95%, these being the machines that presented the most failures and downtime at the beginning of the project.

*Keywords:* performance, availability, quality, TPM

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la competencia entre organizaciones cada vez va en mayor incremento, siendo una señal en las que se ven obligadas a implementar metodologías para mejorar sus procesos, es por ello que se considera que el mantenimiento de los equipos y maquinarias es un factor imprescindible para lograr la eficiencia operativa en sus actividades cotidianas. Bajo este contexto, el Mantenimiento Productivo Total emerge como una metodología de gestión completa que transformará la forma en que las empresas lleven a cabo el mantenimiento de sus maquinarias y la optimización de procesos.

En Ecuador, uno de los problemas más críticos en industrias es la mala planificación de mantenimientos, dando como resultado tiempos inactivos, reducción de productividad y paradas frecuentes en las máquinas, lo que conlleva a un aumento de costos operativos, además la falta de un plan eficiente ocasiona un espacio laboral inestable para los operadores, a causa de las interrupciones constantes y el tener que preocuparse por reparar una falla en lugar de continuar con sus actividades.

El TPM no es sólo una estrategia de mantenimiento, sino que tiene un enfoque que combina la eficiencia operativa y la cultura organizativa para mejorar continuamente. Su principal objetivo es maximizar la productividad y eficiencia de los equipos, maquinarias y procesos, minimizando las pérdidas asociadas a paradas imprevistas, desperfectos de calidad y accidentes laborales. Esta metodología consiste en crear un entorno en el que las máquinas funcionen de forma óptima, los empleados participen plenamente y la mejora continua sea una disciplina a seguir.

Este proyecto argumenta la necesidad de implementar un plan de mantenimiento, no solo viendo el beneficio desde la perspectiva económica, sino que también en su capacidad para mejorar significativamente la eficiencia operativa al minimizar el tiempo de inactividad no programado y aumentar la productividad general, además mejorar el espacio de trabajo y optimizar el uso de maquinarias, puesto que se ven enfrentadas a una serie de desafíos estrechamente relacionados con la disponibilidad, confiabilidad, y complejidad de sus equipos. Uno de los desafíos puede darse en identificar y priorizar las máquinas que requieren la implementación del TPM.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En las industrias arroceras se llevará a cabo un enfoque de investigación descriptiva ya que implica la observación detallada de procesos ineficientes, centrándose en la identificación de las maquinarias poca productivas y analizando los puntos críticos abordar, se emplearán técnicas de recolección de datos cuantitativos para medir los aspectos físicos del rendimiento de la maquinaria como los tiempos de inactividad, la frecuencia del mantenimiento, el tiempo etc., (Hernandez Sampieri, Roberto-Fernandez Collado, Carlos-Baptista Lucio, 2006).

## **Métodos y técnicas**

En esta propuesta de implementación de la metodología TPM para maximizar el uso de la maquinaria en una industria arrocera se tomó en cuenta los siguientes métodos teóricos:

### **Métodos empíricos fundamentales**

Observación: Se realizan inspecciones en la planta de producción para identificar las dificultades que se tienen con el mantenimiento de la maquinaria, tiempos de inactividad, pérdidas en la producción y aspectos importantes para la operatividad (Alcívar, 2021).

### **Métodos empíricos complementarios**

Para llevar a cabo esta investigación sobre la propuesta de la metodología TPM podemos considerar las siguientes técnicas:

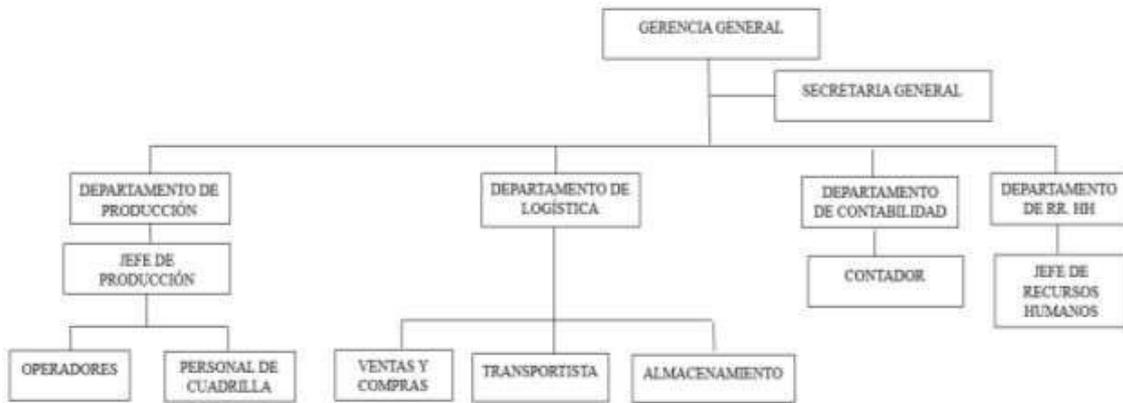
La Encuesta, esta técnica nos ayudará a recopilar datos sobre el rendimiento de la maquinaria, en la frecuencia en la que exista una inactividad, porque obtendríamos información directamente de los operadores y a su vez se identifican las oportunidades de mejoras. Por otro lado, las entrevistas van direccionadas a la fuente de información, puesto que las entrevistas nos permiten comprender el motivo específico de las preocupaciones de los empleados (Bernal, 2010).

Sin embargo, las observaciones directas nos ayudarán a tener una comprensión profunda ya que podremos visualizar la interacción entre el operario y la maquinaria, puesto que al establecer la técnica de observación se tendrá fiabilidad de los datos recolectados para que de esta manera se logren alcanzar los objetivos. Mientras que, en el análisis de documentos es una técnica fundamental en la recolección de información, porque se basa en un análisis exhaustivo en los manuales de equipos, normas etc., puesto que se utiliza para organizar toda la información recopilada, se desempeñará un conocimiento teórico y empírico de la metodología TPM para una planificación de mantenimiento.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La presente investigación se orienta a la situación de las Industrias dedicadas a la producción de arroz, donde mantener sus máquinas en óptimas condiciones tiende a una mayor exigencia día a día, la del estudio presente se conforma por 25 y tiene cuatro departamentos definidos por la Gerencia general que son: departamento de producción, departamento de logística, departamento de contabilidad y departamento de recursos humanos. El departamento de producción está conformado por el jefe de producción, quien tiene a cargo los operadores y el personal de cuadrilla. El departamento de logística se conforma por ventas y compras, transportista y almacenamiento; el departamento de contabilidad tiene un contador y el departamento de recursos humanos tiene al jefe de recursos humanos.

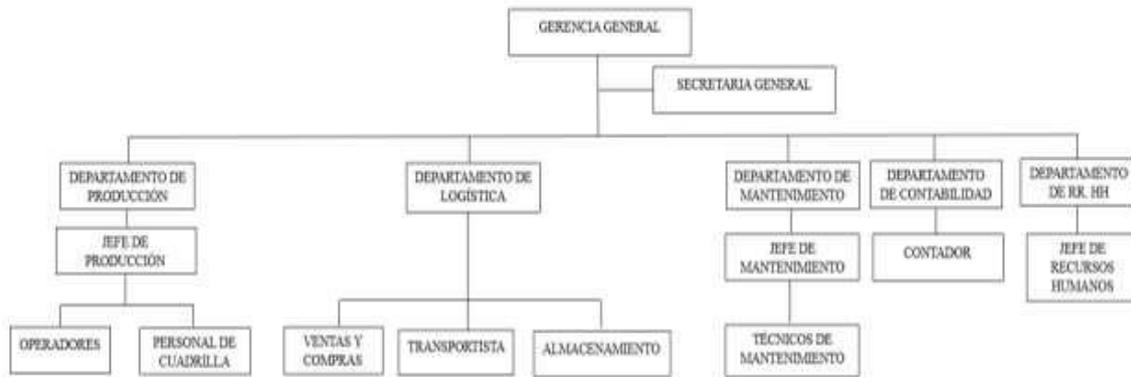
**Figura 1**  
*Organigrama de la Industria Arrocera*



Fuente: Basado en la información obtenida

Para llevar a cabo una planificación de mantenimiento, es esencial diseñar un departamento para la industria, donde se tenga un jefe de mantenimiento que esté a cargo de un técnico electricista y un técnico mecánico.

**Figura 2**  
*Organigrama de la Industria con el departamento de mantenimiento*



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la información obtenida, para la producción de arroz se requiere llevar diversos procesos y actividades en la maquinaria, a continuación, se muestra las máquinas que son utilizadas y la actividad que cada una realiza en la industria.

**Tabla 1**  
*Máquinas de la industria Arrocera*

MÁQUINAS	ACTIVIDADES
<b>Elevadores</b>	Realizan el transporte del arroz hacia las máquinas de cada proceso, llenando los cangilones y circulando secuencialmente en el elevador.
<b>Prelimpias</b>	Efectúan la limpieza del arroz, extrayendo el polvo o impurezas, enviando la maleza hacia una tolva de desechos y enviando el arroz por una transportadora de cadena.

<b>Secadoras</b>	Proporciona calor de modo uniforme y controlado para reducir la humedad del arroz, siendo indispensable para evitar su deterioro.
<b>Descascaradoras</b>	Separa la cáscara o cascarilla del arroz dejándolo integral para el siguiente proceso
<b>Mesa paddy</b>	Separa los granos de arroz descascarados del que pasó con la cascarilla, enviándolo hacia las descascaradoras nuevamente.
<b>Blanqueadora</b>	Elimina la capa de salvado del arroz, dándole una apariencia semi-blanca o blanca
<b>Máquina plansifter</b>	Separa y clasifica el arroz deseado de aquel que está trizado, mediante está se obtiene arrocillo sea $\frac{3}{4}$ , $\frac{1}{2}$ o arrocillo fino
<b>Máquina selectora</b>	Identifica los granos los estándares de calidad, en cuestión de tamaño, color y limpio; eliminando los granos manchados o con algún imperfecto
<b>Máquina ensacadora</b>	Tiene como actividad pesar, llenar y sellar los sacos de arroz.

La piladora al no contar inicialmente con un departamento de mantenimiento definido, condujo a no llevar ningún tipo de planificación que les indique cuándo y con qué frecuencia se debe darles mantenimiento a las máquinas, lo que mayormente efectúan es de manera correctiva. Esto conlleva, a que se reduzca la eficiencia de la producción, aumento de costos de reparación que pasan del presupuesto destinado para alguna falla del equipo e incremento de tiempos inactivos en las máquinas. Los costos por reparación varían de acuerdo a la gravedad del daño de la máquina o si se ven en la obligación de contratar un servicio externo, pero un aproximado que se da por la reparación de fallas menores o moderadas en las máquinas se presenta a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 2**  
*Costo aproximado de reparación*

<b>Máquinas</b>	<b>Costo aproximado</b>
Elevadores	\$1.275
Prelimpias	\$565
Secadoras	\$1.075
Descascaradoras	\$2.500
Mesa Paddy	\$2.100
Blanqueadora	\$2.400
Pulidores	\$1.950
Plansifter	\$1.300
Selectora	\$2.500
Ensacadora	\$900

En los datos proporcionados desde marzo hasta mayo se puede observar la frecuencia de fallas ocurridas en las máquinas de la piladora, indicándose en la siguiente tabla las horas requeridas para su reparación.

**Tabla 3**  
*Frecuencia de fallas (horas)*

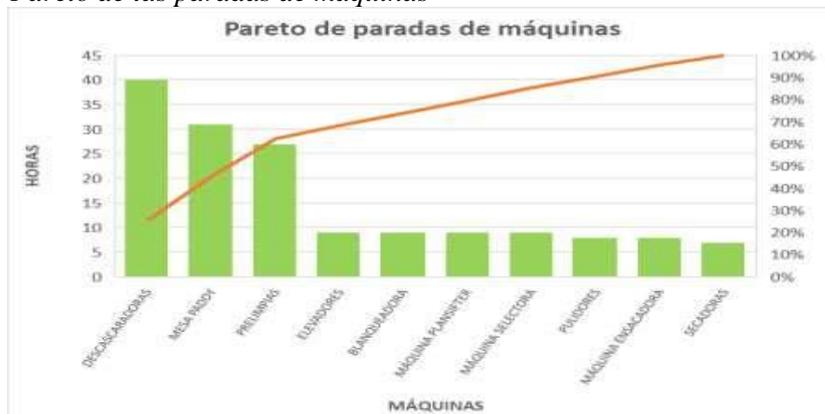
MÁQUINAS	HORAS POR TRES MESES
Elevadores	9
Prelimpias	27
Secadoras	7
Descascaradoras	40
Mesa paddy	31
Blanqueadora	9
Pulidores	8
Máquina plansifter	9
Máquina selectora	9
Máquina ensacadora	8
<b>Total</b>	<b>157</b>

**Figura 3**  
*Parada de máquinas Marzo-Mayo*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4**  
*Pareto de las paradas de máquinas*



Fuente: Elaboración propia

Según la Figura No. 4 en el diagrama de Pareto, las máquinas que generan el mayor nivel de porcentaje en cuestión de las fallas son las descascaradoras, mesa paddy y prelimpias, lo cual significa que son el 20% de las causas que provocan el 80% de las paradas o fallos de la industria. También se realizó el cálculo estimado de la producción, teniendo un enfoque en un periodo de doce semanas. De tal manera, se puede observar que la producción varía de acuerdo a los meses, además de evidenciarse que llega a ser baja en ciertas semanas a diferencia de la producción programada.

**Tabla 4**  
*Producción semanal en un periodo de tres meses*

<b>Nro.</b>	<b>Producción</b>		<b>Producción</b>	<b>% Rendimiento</b>
<b>De</b>	<b>Mes</b>	<b>Real (Kg)</b>	<b>Programada</b>	<b>alcanzado</b>
<b>semanas</b>			<b>(Kg)</b>	
1	mar-24	48820	120000	40,68%
2	mar-24	49850	120000	41,54%
3	mar-24	50940	120000	42,45%
4	mar-24	69202	120000	57,67%
5	abr-24	77420	120000	64,52%
6	abr-24	83550	120000	69,63%
7	abr-24	84100	120000	70,08%
8	abr-24	91260	120000	76,05%
9	may-24	92725	120000	77,27%
10	may-24	100225	120000	83,52%
11	may-24	97340	120000	81,12%
12	may-24	93480	120000	77,90%
<b>Total</b>		<b>938912</b>	<b>1440000</b>	<b>65,20%</b>

En la tabla anterior se muestra la producción real de cada semana durante el periodo de tres meses, además la producción programada y el porcentaje de cumplimiento. Para el mes de marzo la producción fue la más baja a comparación de los otros meses, debido a dos aspectos principales; la frecuencia de fallas en las máquinas de la piladora y por la temporada, debido que los cultivos aún se mantienen en crecimiento y no cumplen el tiempo para ser cosechados, además las lluvias pueden retrasar un poco el cultivo y traslado de arroz hacia las piladoras.

Se puede visualizar que la producción real no cumple con la producción que se espera semanalmente, es notorio que la producción que más se acercó fue de la décima semana, sin embargo, no se llega a la producción programada de 120000 kg de arroz a la semana y el porcentaje de cumplimiento alcanzado está en tan solo un 65.20%, considerando que la mala planificación de mantenimiento sí afecta a la producción porque las máquinas no trabajan

eficientemente por las paradas frecuentes.

### Tiempo medio entre fallas MTBF

**Tabla 5**

*Tiempo medio entre fallas*

Nro. de semana	mes	tiempo disponible (horas)	Nro. de fallas	MTBF (Tiempo disponible/Nro. de fallas)
1	mar-24	25	2	12,5
2	mar-24	23	1	23,0
3	mar-24	20	2	10,0
4	mar-24	21	2	10,5
5	abr-24	22	1	22,0
6	abr-24	30	1	30,0
7	abr-24	28	1	28
8	abr-24	32	1	32
9	may-24	32	1	32,0
10	may-24	28	1	28,0
11	may-24	31	1	31,0
12	may-24	31	1	31
<b>Promedio</b>				<b>24,2</b>

De acuerdo con los datos proporcionados, en la tabla correspondiente del tiempo medio entre fallas (MTBF), el funcionamiento de las doce semanas representa un promedio de 24,2 horas, lo que significa que las máquinas trabajan 24 horas y 12 minutos antes de experimentar una falla. Al ocurrirse fallas constantes llegan a ocasionar interrupciones de gran significancia en la producción. Mediante este análisis se comprueba que la piladora requiere de una buena y adecuada planificación de mantenimiento que mejore la eficiencia operativa, reduzca costos de reparación y cree un espacio de trabajo seguro.

Se puede observar que para el mes de marzo las fallas fueron más frecuentes, reduciendo a gran diferencia el tiempo de disponibilidad de las máquinas, lo que quiere decir que la producción también disminuyó a causa de los tiempos inactivos.

### Tiempo medio de reparación MTTR

El tiempo medio entre fallas de 24,2 horas indica que las fallas han ocurrido con mayor relatividad durante las primeras cinco semanas, el objetivo es que el MTBF aumente para tener una mayor disponibilidad en la maquinaria, las cuales efectúen sus actividades durante tiempos prolongados sin presentar fallas.

**Tabla 6**  
*Tiempo medio de reparación*

Nro. de semana	mes	tiempo total inactivo (horas)	Nro. de fallas	MTTR (Tiempo Inactivo de fallas)
1	mar-24	15	2	7,5
2	mar-24	17	1	17
3	mar-24	20	2	10
4	mar-24	19	2	9,5
5	abr-24	18	1	18
6	abr-24	10	1	10
7	abr-24	12	1	12
8	abr-24	8	1	8
9	may-24	8	1	8
10	may-24	12	1	12
11	may-24	9	1	9
12	may-24	9	1	9
<b>Promedio</b>				10,8 horas

Respecto a la tabla del tiempo medio de reparación según los datos proporcionados indica que por las fallas ocurridas se tarda un promedio de 10,8 horas, lo que equivale a 10 horas con 48 minutos por reparación en las máquinas hasta que estas vuelvan a estar operativas.

**Figura 5**  
*MTTR tiempos medios de reparación*



Se puede observar que en la segunda y quinta semana hubo un mayor tiempo de reparación en las máquinas, considerándose que la frecuencia de fallas en gran parte proviene de las descascaradoras, mesa paddy y prelimpias, las cuales son la causa principal de la reducción de producción, eficiencia y rendimiento de las máquinas.

**Tabla 7***Disponibilidad de los equipos*

<b>Nro. de semana</b>	<b>mes</b>	<b>medio entre fallas (MTBF)</b>	<b>medio de reparación (MTTR)</b>	<b>MTBF/(MTBF+MTTR)*100</b>
1	mar-24	12,5	7,5	62,50%
2	mar-24	23	17	57,50%
3	mar-24	10	10	50,00%
4	mar-24	10,5	9,5	52,50%
5	abr-24	22	18	55,00%
6	abr-24	30	10	75,50%
7	abr-24	28	12	70,00%
8	abr-24	32	8	80,00%
9	may-24	32	8	80,00%
10	may-24	28	12	70,00%
11	may-24	31	9	77,50%
12	may-24	31	9	77,50%
<b>Promedio</b>		24,2	10,08	67%

De acuerdo a la tabla de disponibilidad de las máquinas analizadas semanalmente durante el periodo de tres meses está en un rango del 50% hasta el 80%, interpretándose que las máquinas están realizando sus actividades en un nivel aceptable en ciertas semanas, pero a causa de los tiempos de inactividad por las interrupciones se enfrentan a dificultades en ciertas semanas, dando un promedio de disponibilidad del 67%, en el cual se requiere llevar un mantenimiento programado para evitar las paradas frecuentes de la maquinaria.

**Calidad****Tabla 8***Calidad*

<b>Nro. de semanas</b>	<b>Mes</b>	<b>Producción Real (Kg)</b>	<b>Productos conformes (kg)</b>	<b>Productos no conformes (kg)</b>	<b>Calidad</b>
1	mar-24	48820	39105	9715	80,10%
2	mar-24	49850	39640	10210	79,52%
3	mar-24	50940	40435	10505	79,38%
4	mar-24	69202	53580	15622	77,43%
5	abr-24	77420	68210	9210	88,10%

6	abr-24	83550	74015	9535	88,59%
7	abr-24	84100	76120	7980	90,51%
8	abr-24	91260	82045	9215	89,90%
9	may-24	92725	84215	8510	90,82%
10	may-24	100225	93345	6880	93,14%
11	may-24	97340	89120	8220	91,56%
12	may-24	93480	85240	8240	91,19%
<b>Promedio</b>		78243	68755	9486	86,69%

Respecto a la tabla de calidad se puede observar que durante el periodo de las doce semanas implica que se ha alcanzado un rango del 77,43% hasta el 93,14%, siendo la cuarta semana con menor porcentaje de calidad y la décima semana con la mayor, la ocurrencia de fallas en la semana cuatro disminuyó la calidad de la producción porque el problema se da dentro del área del pilado, en el que no se separó correctamente el arroz con cáscara del arroz blanco, indicando que el procesamiento no fue óptimo.

### **Eficiencia global de los equipos**

Para determinar la eficiencia procederemos a utilizar la fórmula

$$OEE = Disponibilidad/100 \times Rendimiento/100 \times Calidad/100$$

Lo que me permitirá saber identificar las pérdidas dentro de mi producción programada

**Tabla 9**

*Eficiencia Global de los Equipos*

<b>Nro. De semana</b>	<b>Mes</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Calidad</b>	<b>OEE</b>
1	mar-24	62,50%	40,68%	80,10%	20,37%
2	mar-24	57,50%	41,54%	79,52%	18,99%
3	mar-24	50,00%	42,45%	79,38%	16,85%
4	mar-24	52,50%	57,67%	77,43%	23,44%
5	abr-24	55,00%	64,52%	88,10%	31,26%
6	abr-24	75,00%	69,63%	88,59%	46,26%
7	abr-24	70,00%	70,08%	90,51%	44,40%
8	abr-24	80,00%	76,05%	89,90%	54,70%
9	may-24	80,00%	77,27%	90,82%	56,14%
10	may-24	70,00%	83,52%	93,14%	54,45%
11	may-24	77,50%	81,12%	91,56%	57,56%
12	may-24	77,50%	77,90%	91,19%	55,05%
<b>Promedio</b>		67,29%	65,20%	86,69%	39,96%

De acuerdo con la tabla de la Eficiencia Global de los Equipos según el calificativo del indicador, el OEE al ser menor del 65% es considerado inaceptable, siendo problemas significativos se considera que es necesario llevar un programa de mantenimiento, porque la parada frecuente de las máquinas está ocasionando importantes pérdidas de producción, rendimiento y calidad del producto final.

### **Frecuencia de fallas en descascaradoras, mesa paddy y prelimpias**

Se consideró principalmente estas máquinas debido a la gran significancia que tienen en las paradas frecuentes y tiempos de inactividad, en base a los datos proporcionados durante doce semanas se indica que las paradas en descascaradoras son de 40 horas, la mesa paddy 31 horas y las prelimpias 27 horas. A continuación, se detalla las fallas que incurren en las máquinas las cuales causan que tengan paradas constantes.

**Tabla 10**

*Frecuencia de fallas de la descascaradoras*

Máquina	Tipo de falla ocurrida	Nro. de fallas	Tiempo de parada (horas)
Mesa paddy	Desgaste de tamices	1	7
	Desgaste de rodillos	1	8
	Obstrucción de tamices	2	10
	Desgaste de la banda transportadora	1	6
<b>Total</b>			<b>31</b>

**Tabla 11**

*Frecuencia de fallas de la mesa Paddy*

Máquina	Tipo de falla ocurrida	Nro. de fallas	Tiempo de parada (horas)
Descascaradoras	Desgaste de cilindros	2	20
	Desgaste de engranajes	1	7
	Obstrucción en la puerta de ventilación	1	7
	Desgaste de correas	1	6
<b>Total</b>			<b>40</b>

**Tabla 12**

*Frecuencia de fallas de la prelimpias*

Máquina	Tipo de falla ocurrida	Nro. de fallas	Tiempo de parada (horas)
prelimpias	Obstrucción de zarandas	3	9
	Desgaste en bandas transportadoras	1	12
	Inclinación inadecuada de zarandas	1	1
	Desgaste de rodamientos	1	5
<b>Total</b>			<b>27</b>

Para obtener el tiempo medio entre fallas, tiempo de reparación y disponibilidad en las máquinas a causa de cada falla, por ejemplo, para el desgaste de cilindros realizaremos lo siguiente:

$$\text{Tiempo medio entre fallas} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Número de fallas}}$$

$$\text{Tiempo medio entre fallas} = \frac{20 \text{ h}}{2 \text{ fallas}} = 10 \text{ h/falla}$$

$$\text{Tiempo medio de reparación} = \frac{\text{Tiempo de paradas}}{\text{Número de fallas}}$$

$$\text{Tiempo medio de reparación} = \frac{20 \text{ h}}{2 \text{ fallas}} = 10 \text{ h/falla}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{10 \text{ h}}{10 \text{ h} + 10 \text{ h}} \times 100\% = 50\%$$

Para obtener el tiempo medio entre fallas, tiempo de reparación y disponibilidad en las máquinas a causa de cada falla, realizaremos lo siguiente:

**Tabla 13**

*MTBF, MTTR, DISPONIBILIDAD en descascaradoras antes de la propuesta de implementación del TPM*

Máquina	Tipo de falla ocurrida	Tiempo disponible	Nro. de fallas	Tiempo de parada (horas)	MTBF	MTTR	DISP%
Descascaradoras	Desgaste de cilindros	20	2	20	10,00	10,00	50,00%
	Desgaste de engranajes	33	1	7	33	7	82,50%
	Obstrucción en la puerta de ventilación	33	1	7	33	7,00	82,50%
	Desgaste de correas	34	1	6	34	6	85,00%
<b>Promedio</b>				40	27,50	7,50	75,00%

Como se puede observar en la tabla, se obtenía un tiempo medio entre fallas del 27,50 y un tiempo medio de reparación en 7,50, lo que significa que por las fallas ocurridas en las

descascaradoras durante su operación en las semanas se tardan un promedio de 7 horas con 30 minutos en repararla o mantenerla operativa, dando un porcentaje de disponibilidad entre los tres meses de 75%.

**Tabla 14**

*MTBF, MTTR, DISPONIBILIDAD de la mesa paddy antes de la propuesta de implementación del TPM*

Máquina	Tipo de falla ocurrida	Tiempo disponible	Nro. de fallas	Tiempo de parada (horas)	MTBF	MTTR	DISP%
Mesa paddy	Desgaste de tamices	33	1	7	33	7	82,50%
	Desgaste de rodillos	32	1	8	32	8	80,00%
	Obstrucción de tamices	30	2	10	15	5	75,00%
	Desgaste de la banda transportadora	34	1	6	34	6	85,00%
	<b>Promedio</b>				31	28,5	6,5

De acuerdo con los datos obtenidos la mesa paddy tuvo un tiempo de parada de 31 horas durante el promedio de las semanas, obteniéndose un tiempo medio entre fallas de 28,5 y un tiempo medio de reparación de 6,5, el cual se interpreta que por las fallas ocurridas en la máquina se toman 6 horas y 30 minutos en ser reparada, donde la máquina estuvo disponible en un 80,63%.

**Tabla 15**

*MTBF, MTTR, DISPONIBILIDAD en las prelimpias antes de la propuesta de implementación del TPM*

Máquina	Tipo de falla ocurrida	Tiempo disponible	Nro. de fallas	Tiempo de parada (horas)	MTBF	MTTR	DISP%
Prelimpias	Obstrucción de zarandas	31	3	9	10,33	3	77,50%
	Desgaste en bandas transportadoras	28	1	12	28	12	70,00%
	Inclinación inadecuada de zarandas	39	1	1	39	1	97,50%
	Desgaste de rodamientos	35	1	5	35	5	87,50%
	<b>Promedio</b>				27	28,08	5,25

En base a los datos proporcionados, el tiempo de parada de las prelimpias durante las semanas fue de 27 horas, obteniéndose un tiempo medio entre fallas de 28,08 y un tiempo medio de reparación de 5,25, lo que significa que por las fallas ocurridas en las prelimpias se

toma 5 horas con 15 minutos en su reparación, obteniéndose un porcentaje de disponibilidad de 83,13% durante las semanas analizadas.

Para maximizar el uso de la maquinaria en una industria arrocera es la metodología del mantenimiento productivo total, se propone implementar TPM para mejorar el rendimiento en las maquinarias, mejorar la eficiencia, y aumentar la productividad. Como base para esta propuesta de implementación tenemos a las 5s que son: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke que nos ayudara a tener un entorno favorable y seguro en la industria,

### **Preparación**

#### **Anuncio de la propuesta de propuesta TPM en la Industria Arrocera**

El TPM en la industria ayudara a fortalecer la unión desde la gerencia incluyendo todos los empleados que conforman la industria, esto con el fin de maximizar la maquinaria y reducir los tiempos de fallas inesperados.

#### **Realizar programas de educación y campañas para la propuesta de inducir TPM**

Se propone realizar reuniones con todo el personal e inclusive las personas que se encargan de llevar el mantenimiento de las maquinarias, para que cada uno de ellos tenga conocimientos sobre la propuesta del TPM que se quiere implementar, para que de esta manera puedan eliminar cualquier situación no deseada.

#### **Creación de organizaciones para fomentar TPM**

La industria no contaba con un departamento de mantenimiento por lo cual fue creado, esto con el fin de que haya un personal encargado solo de los mantenimientos en las maquinarias e instalaciones de la industria, como se puede visualizar en la (Figura No. 4 Organigrama de la Industria con el departamento de mantenimiento).

#### **Implantar políticas básicas del TPM y metas**

Una política que se puede proponer en la industria arrocera relacionada con la propuesta de implementación de TPM es “Alcanzar la maximización del uso de la maquinaria llevando a cabo un mantenimiento programado que busca la optimización de procesos de la producción mediante el mantenimiento y la eficiencia de las máquinas. Es por ello que se deben comprometer en darle seguimiento a la propuesta de implementación para ver si se está cumpliendo lo establecido, el personal debe estar aptamente capacitado para que en el momento de que ocurra algún inconveniente puedan solucionarlo.

#### **Formar un plan para el desarrollo TPM**

En la industria arrocera la propuesta de implementación del mantenimiento total productivo en las maquinarias, en especial los equipos del área de producción como lo son la prelimpia, descascaradoras y mesa paddy.

Se escogieron estas tres maquinarias debido a que estas son las que presentan mayor falla y se las pondrán a prueba mediante una propuesta de implementación del TPM la cual reducirá el tiempo de fallas mediante el uso de los pilares del mantenimiento total productivo.

## Arranque inicial de la propuesta del TPM

Ya terminada la primera fase, se tiene que realizar reuniones con el personal técnico de mantenimiento y demás autoridades para dialogar sobre los temas de la primera fase, cabe recalcar que de gran importancia conocer la eficiencia global de los equipos, en este caso de la prelimpia, descascaradoras y mesa paddy después de la implementación.

## Análisis de los niveles de parada con TPM

**Tabla 16**

*MTBF, MTTR, DISPONIBILIDAD de descascaradoras después de la propuesta de implementación del TPM*

Máquina	Tipo de falla ocurrida	Tiempo disponible	Nro. de fallas	Tiempo de parada (horas)	MTBF	MTTR	DISP%
Descascaradoras	Desgaste de cilindros	35	1	5	35,00	5,00	87,50%
	Desgaste de engranajes	38	1	2	38	2	95,00%
	Obstrucción en la puerta de ventilación	38	1	2	38,00	2,00	95,00%
	Desgaste de correas	37	1	3	37	3	92,50%
<b>Promedio</b>				12	37,00	3,00	92,50%

*Fuente: Elaboración propia*

Con la propuesta del TPM y fundamentándose en los cronogramas de mantenimiento desarrollados, se espera obtener un beneficio significativo en la disponibilidad de las descascaradoras. Antes se encontraba en un 75% disponible, con la propuesta se estima obtener un 92,50% de disponibilidad, porque se llevará a cabo una serie de lineamientos que involucren a todo el personal, brindándoles capacitación sobre cómo actuar ágilmente ante las posibles fallas que se presenten.

**Tabla 17**

*MTBF, MTTR, Disponibilidad En La Mesa PADDY Después De La Propuesta De Implementación Del TPM*

Máquina	Tipo de falla ocurrida	Tiempo disponible	Nro. de fallas	Tiempo de parada (horas)	MTBF	MTTR	DISP%
paddy	Desgaste de tamices	38	1	2	38	2	95,00%
	Desgaste de rodillos	38	1	2	38	2	95,00%
	Obstrucción de tamices	38	2	2	19	1	95,00%
	Desgaste de la banda transportadora	37	1	3	37	3	92,50%
<b>Promedio</b>				9	33	2	94,38%

**Tabla 18**

*MTBF, MTTR, DISPONIBILIDAD en las prelimpias después de la propuesta de implementación del TPM*

Máquina	Tipo de falla ocurrida	Tiempo disponible	Nro. de fallas	Tiempo de parada (horas)	MTBF	MTTR	DISP%
	Obstrucción de zarandas	37	3	3	12,33	1,00	92,50%
	Desgaste en bandas transportadoras	38	1	2	38	2	95,00%
Prelimpias	Inclinación inadecuada de zarandas	39	1	1	39	1	97,50%
	Desgaste de rodamientos	38	1	2	38	2	95,00%
<b>Promedio</b>				8	31,83	1,50	95%

Al ser las descascaradoras, mesa paddy y prelimpias las máquinas con mayor incidencia en tiempos de inactividad, al verse significativa mejora, se interpreta que para el resto de las máquinas implementar la metodología TPM también mejorará su eficiencia, rendimiento y calidad.

#### **Eficiencia global de las máquinas**

**Tabla 21**

*Rendimiento aproximado después de la propuesta de TPM en las prelimpias, descascaradoras y mesa paddy*

Máquinas	Producción real aproximada semanal (Kg)	Producción programada semanal (Kg)	Rendimiento alcanzado
Prelimpias	110850	120000	92%
Descascaradoras	109800	120000	92%
Mesa paddy	109200	120000	91%
			92%

### **CONCLUSIONES**

Se concluye que la propuesta del Mantenimiento Productivo Total en las máquinas de una industria productora de arroz fue beneficiosa, esencialmente fue posible analizar el estado inicial de la maquinaria durante un periodo de doce semanas, destacando que el OEE inicial que

generaban mayores paradas estaba en un 45,60%, siendo estas las descascaradoras, mesa paddy y prelimpias. El resultado para este objetivo permitió incrementar a un 84,05% de eficiencia global en las máquinas, concluyéndose que es una mejora significativa mediante la propuesta del TPM.

La comparación del rendimiento antes de proponer la implementación del TPM y después de su propuesta, en el que los resultados obtenidos demuestran que el rendimiento de las máquinas que presentaban paradas frecuentes estaba en un 66%, posterior a la propuesta del TPM, fundamentándose en sus pilares incrementó a un 92% de rendimiento, siendo una cambio significativo para las actividades diarias en la producción de arroz.

## REFERENCIAS

- Domínguez Torres, C., & Rincón Páez, I. C. (2019). *Aplicación de los pilares del TPM para la mejora en el mantenimiento de la flota de ETIB S.A.S* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/22313>
- Drewniak, R., & Drewniak, Z. (2022). Improving business performance through TPM method: The evidence from the production and processing of crude oil. *PLoS ONE*, *17*(9), e0274393. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274393>
- Galván Romero, D. (2012). *Análisis de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) mediante el modelo de opciones reales* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Guritno, J., & Sidhi Cahyana, A. (2021). Implementation of Autonomous Maintenance in Total Productive Maintenance. *Procedia of Engineering and Life Science*, *1*(2), 10–14. <https://doi.org/10.21070/pels.v1i2.914>
- Llontop Mendoza, L. A. (2018). *Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la agroindustria Pomalca SAA* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1426>
- Moreira Pino, O. A. (2022). *Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22961>
- Moreno Vázquez, P., & Calvillo Valdez, O. D. (2018). El mantenimiento productivo total “TPM” como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado. *Revista de Ingeniería Industrial*, *2*(3), 1–9. <http://reini.utcv.edu.mx:80/handle/123456789/1274>
- Musthopa, H., Harsanto, B., & Yunani, A. (2023). Electric power distribution maintenance model for industrial customers: Total productive maintenance (TPM), reliability-centered maintenance (RCM), and four-discipline execution (4DX) approach. *Energy Reports*, *10*, 3186–3196. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.09.129>
- Rathi, S. S., Sahu, M. K., & Kumar, S. (2023). Implementation of Total Productive Maintenance to improve productivity of rolling mill. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, *30*(6), 882–890. <https://doi.org/10.56042/ijems.v30i6.3158>