

**Application of the RCM methodology to improve the maintenance plan  
for boilers in a tuna packing plant**

**Aplicación de metodología RCM para mejora del plan de mantenimiento  
de calderas en empacadora de atún**

**Autores:**

Cedeño-Barreto, Daniel  
Universidad Técnica de Manabí  
Maestría en Mantenimiento Industria, Facultad de Posgrado  
Portoviejo - Manabí



[dcedeno9631@utm.edu.ec](mailto:dcedeno9631@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0009-0003-3913-3767>

Arteaga-Linza, Ángel Rafael  
Universidad Técnica de Manabí  
Maestría en Mantenimiento Industria, Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y  
Químicas  
Portoviejo - Manabí



[aarteaga@utm.edu.ec](mailto:aarteaga@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0002-3589-586>

Rodríguez-Ramos, Pedro Antonio  
Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”  
Cuaje, La Habana - Cuba



[pedrojano1952@gmail.com](mailto:pedrojano1952@gmail.com)



<https://orcid.org/0000-0003-2862-0984>

Fechas de recepción: 15-OCT-2023 aceptación: 13-DIC-2023 publicación: 15-DIC-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



## Resumen

El trabajo tuvo como finalidad identificar y solucionar los problemas específicos que se encuentran en el área de calderas de la empresa empacadora de atún objeto de estudio, de la ciudad de Manta, mediante la implementación del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en las calderas de 500 y 350 BHP a de más de sus componentes presentes en mencionada área. Para llevar a cabo este proceso, se aplicaron los métodos: análisis de criticidad y el análisis de efectos y modos de fallas (AMEF). Se diseñó el plan de mantenimiento de acuerdo a lo detallado por el AMEF, donde se especifican tareas de prevención que no solo se concentran en operaciones de lubricación o engrase, sino el empleo de procesos de inspección y control en todas las medidas de mantenimiento que se han propuesto. Se encontró que el mejor indicador para medir la confiabilidad es el tiempo promedio entre paradas (MTBF) que indica un incremento en la confiabilidad del equipo y una mejora en la calidad de los trabajos de mantenimiento lo que se refleja en la disponibilidad de los equipos del área de calderas. Pues al aplicar el plan de mantenimiento propuesto se logra una mejora considerable a mas de garantizar la óptima producción de vapor y el funcionamiento de las calderas a su mayor eficiencia, y una disminución considerable de gastos y pérdidas por paralizaciones imprevistas y realización de mantenimientos correctivos.

**Palabras clave:** Mantenimiento centrado en la confiabilidad; calderas de la empresa de atún; plan de mantenimiento.



### Abstract

The purpose of the work was to identify and solve specific problems found in the boiler area of the tuna packing company under study, located in the city of Manta, through the implementation of the reliability-centered maintenance (RCM) program on the 500 and 350 BHP boilers and their components in said area. To carry out this process, the following methods were applied: criticality analysis and failure mode and effects analysis (FMEA). The maintenance plan was designed according to the details provided by the FMEA, which specified preventive tasks that not only focused on lubrication or greasing operations, but also the use of inspection and control processes in all proposed maintenance measures. It was found that the best indicator for measuring reliability is the mean time between failures (MTBF), which indicates an increase in equipment reliability and an improvement in the quality of maintenance work, reflected in the availability of the boiler area equipment. By implementing the proposed maintenance plan, a considerable improvement is achieved, in addition to ensuring optimal steam production and efficient operation of the boilers, and a significant reduction in expenses and losses due to unforeseen shutdowns and corrective maintenance.

**Keywords:** Reliability-centered maintenance; tuna company boilers; maintenance plan.



## Introducción

La industria atunera se encuentra a la vanguardia de los mercados, se ha convertido en una empresa dentro de las industrias alimentarias, enmarcados en los mercados más exigentes con un nivel de aceptación tanto nacional como mundial. En Ecuador, al finalizar la segunda guerra mundial (1949), la primera empresa que inició el procesamiento de atún fue INEPACA (Industria Ecuatoriana Productora de Alimentos C.A), (Calderón, 2014), con inversión de USA instaló la planta que recibiría y congelaría el atún, para posteriormente exportarlo este mismo país. Inicialmente la mayor parte de la flota atunera fue artesanal, los buques CerquerosArrastreros1 se empezaron a incluir en años siguientes.

Según la Cámara Nacional de Pesquería (2013) la industria atunera contribuye con el 10% del total de exportaciones no petroleras del Ecuador. En el 2012, el valor total exportado fue de 1.066 millones de dólares, generando más de 30 mil puestos de empleos directos, además de dinamizar las ventas y empleo de industrias conexas que conforman el clúster.

De acuerdo a las investigaciones realizadas, en la actualidad, existen

7 compañías que disponen de 45 buques están amparadas por la norma Atún de Pesca Responsable (APR). Y son: Grupo Conservas Garavilla S.L, Calvopesca S.A., Corporación Atunera Internacional, S.L, Albacora S. A., Cía. Europea de Túnidos S.L., Nicra 7 S.L., Cía Internacional de Pesca y Derivados, S.A. (p. 23)

Es importante indicar que los destinos de exportación de Ecuador son amplios, pero se puede decir que el Medio Oriente y otros países asiáticos casi no tienen entrada del atún ecuatoriano. Estos mercados enfrentan importantes desafíos en términos de eficiencia logística, particularmente debido a las ventajas geográficas de los proveedores asiáticos. Por otro lado, la región de Medio Oriente enfrenta luchas geopolíticas que podrían socavar la estabilidad de un movimiento más grande en este mercado. (Cámara Nacional de la Pesquería, 2017)

Una caldera, según el Ministerio del Ambiente (2018),

Es el recipiente cerrado en donde se calienta agua, aceite u otra sustancia; a fin generar vapor o de transferir calor, que se puede utilizar para generar



electricidad u otros fines industriales. Consiste de dos componentes: hogar, el cual provee de calor, usualmente por la quema de combustible; y el caldero, en el cual el calor produce el cambio de fase de agua a vapor o transmite la energía calorífica (p. 38).

Según Uribaz, Tito y Ochoa (2017), el propósito fundamental de las calderas es el de transformar en energía térmica a través de la combustión, la energía que contienen los combustibles fósiles y transferirla al agua para generar vapor, el que se empleará como tal, en procesos o equipos industriales.

Uno de los factores que influyen en la contaminación atmosférica es la densidad de los contaminantes que producen las calderas, los mismos que deben ser manejados con mayor eficiencia. Una pequeña mejora en la eficiencia del manejo de las calderas ayudará a ahorrar una gran cantidad de combustibles fósiles y a reducir la emisión del CO<sub>2</sub> (Barma, y otros, 2017)

Para lograr mantener calderas industriales eficientes, se debe contar con insumos de calidad y en la cantidad adecuada para su funcionamiento, entre los insumos más importantes se mencionan el combustible y el agua. El combustible, se refiere a todo material que logre producir energía a manera de calor, el mismo que puede estar en forma líquida, sólida o gaseosa (Reinier, Madrigal, Lápido, & Vidal, 2017). Para el funcionamiento eficiente de las calderas, el agua también es un insumo vital, y su tratamiento se debe efectuar aplicando las normas definidas para su procedimiento (Sanz & Patiño, 2018).

La empresa objeto de estudio tiene dos calderas pirotubulares, de 500 y 350 BHP misma que está ubicada en la ciudad de Manta, estas abastecen de vapor a la empresa mismo que es utilizado en el proceso de enlatado de atún y sus diversos procesos.

Debido a fallas en este tipo de maquinaria la empresa a experimentado cuantiosas pérdidas ya sea por costo de reparaciones de los equipos, así como también por paralizaciones de la producción por falta de este elemento esencial para la elaboración del producto final, razón por la cual se plantea este trabajo para buscar implementar una metodología de

mantenimiento de estos componentes que garantizan la mayor confiabilidad de las calderas y alargar la vida útil de las mismas.

El trabajo de titulación tuvo como objetivo general Aplicar la metodología RCM para la mejora del plan del mantenimiento en las calderas de una empacadora de atún, el objeto de estudio será la metodología que se aplica en el mantenimiento de las calderas, la realidad en el campo de estudio indica que esta debe ser modernizada, en tanto se cumpla con las exigencias del medio y el cumplimiento de las actividades que realiza en la industria. Se considera que con una reforma a su cuidado y control se puede aprovechar la vida útil de la misma y mejorar la rentabilidad de la producción, siendo un deber el ganar – ganar dentro de la demanda y oferta de mercado.

### **Material y métodos**

La investigación se realizó entre los meses octubre del año 2022 y septiembre del año 2023, en una empresa empacadora de atún ubicada en la ciudad de Manta Provincia de Manabí Ecuador. Se analizó en la caldera generadora de vapor requerido por la industria objeto de estudio en los diferentes procesos antes de obtener el producto final, en la coacción de pescado, sanitización de sus máquinas, herramientas, generación de energía calorífica para el procesamiento del atún entre otras.

La empresa cuenta con su propia planta desalinizadora, la cual se encuentra ubicada cerca de la playa Tarqui de la ciudad de Manta, donde por medio de pozos profundos obtienen el agua que por sus características físicas debe ser tratada en la planta desalinizadora, la cual por medio de tanqueros transportan el agua ya en estado óptimo para poder ser utilizada en los diversos procesos de producción, esta misma agua se utiliza para generar vapor, pero antes debe ser sometida a un proceso químico de manera que no ocasione daños a las calderas.

La industria se tiene un plan de mantenimiento en tres Fases: preventivo, donde permite aplicar correcciones oportunas y evitar pérdidas por daño y paralización de la producción. Correctivo, de manera ágil y segura para conseguir la puesta en marcha de manera; colaborativo, siendo este el más importante, donde el talento humano tiene el centro de atención, de ahí que la formación y actualización es obligatoria y permanente. (Yupanqui, 2017).



Se aplicó una investigación de tipo exploratoria, que permitió la búsqueda exhaustiva de los temas relacionados con: planes de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para las calderas de 350 – 500 HP con las variables de disponibilidad y confiabilidad de las mismas; descriptiva, porque se analizará las características y propiedades de las variables; Explicativa, pues se podrá establecer la relación causa-efecto entre la variable Plan de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM) para las calderas, (López, 2017).

Tipo de Diseño: se estructura un diseño de corte no experimental, ya que no se manipulan las variables, solamente se observan los hechos presentes en la realidad, es de tipo transaccional porque los hechos se observarán en un determinado momento del tiempo. (Hernández, 2020)

Así mismo se hizo una revisión de textos, Software, manuales, fichas técnicas, revistas, Catálogos, guías, normas, bitácoras, registros y otros que respaldaron los fundamentos teóricos para la solución del problema.

La investigación fue de campo y permitió realizar entrevistas al personal, siendo los informantes el personal, tanto en el área de mantenimiento y operaciones, para conocer el funcionamiento de los equipos, las fallas de las calderas de 350 – 500 BHP, las actividades que se realizaron, las opiniones para la toma de decisiones, entre otros.

Para elaborar el marco teórico, se utilizó la técnica del análisis documental con su instrumento, fichas resumen; para obtener información referente a la variable independiente como planes de mantenimiento, mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), disponibilidad y confiabilidad. La población estadística, también conocida como universo, es el conjunto o la totalidad de elementos que se van a estudiar. Los elementos de una población lo conforman cada uno de los individuos asociados, debido a que comparten alguna característica en común. Al ser muy complicado realizar un estudio con todos los elementos que conforman una población, sobre todo si es considerada una población infinita, se toma una muestra representativa de la misma para realizar los estudios. (Zita, 2018)

La población seleccionada para la realización del estudio, se trabajó con los trabajadores del área de calderas de la empresa y los dueños responsables de la misma.

La muestra se tomó el total de los trabajadores 3 y 2 directivos.



Se contó con los siguientes materiales y recursos: Computadora marca Gateway Windows 10 – 1 TB de disco, Termómetro digital marca 3M, Calibrador pie de rey marca Stanley, Cámara termográfica, Cámara fotográfica.

## Resultados

Una vez que se han realizado el análisis de los Modos y Efectos de fallas a nivel de Sistemas, Componentes y Partes del Caldero de 500 y 350 BHP, se procede a implementar las tareas de Mantenimiento necesarias para mejorar la confiabilidad del equipo. Esta implementación consta de tareas de Mantenimiento Preventivo y Predictivo con la finalidad de mejorar la vida útil del equipo.

Según Jhon Moubray, Editorial industrial Press, 1997 para la selección de tareas se ha utilizado el diagrama de decisión del RCM, el cual integra todos los procesos de decisión en un marco de trabajo estratégico y estructurado; y da respuesta a las preguntas formuladas en el:

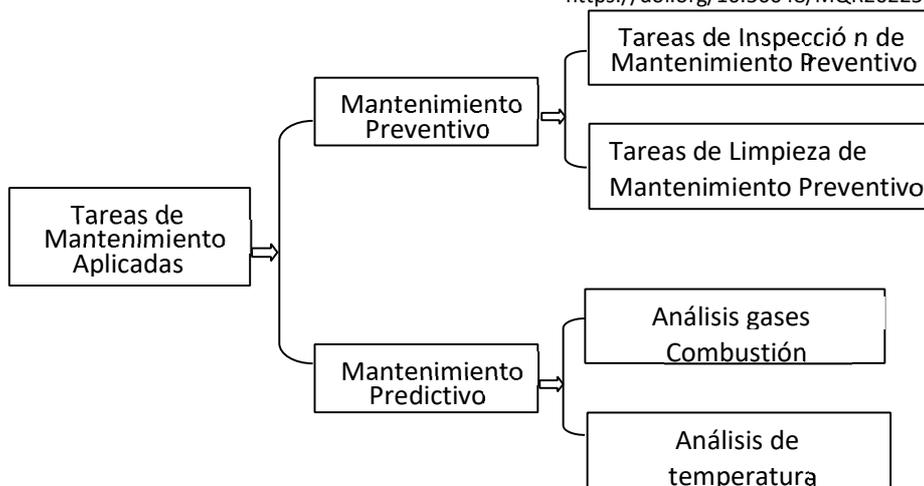
Que mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará.

- ✓ Que fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- ✓ Casos en los que se toma una decisión deliberada de dejar que ocurran las fallas.
- ✓ A continuación, se presenta el Diagrama de Decisión RCM.

### ***Tareas propuestas de Mantenimiento***

Las tareas propuestas de mantenimiento en base al autor del libro de RCM II –John Moubray, dice: “Si durante el proceso de toma de decisiones se ha seleccionado una tarea proactiva o una tarea de búsqueda de falla, debe registrarse la descripción de la tarea en la columna titulada tarea propuesta”. Los tipos de tareas que han sido seleccionadas en función a los requerimientos de los sistemas y del RCM aplicado a la caldera pirotubular INTESA 50 BHP.

Figura 1. *Diagrama de flujo*



Fuente: Elaboración Propia

Así mismo se desarrolló dos tipos de estrategias de Mantenimiento, el Mantenimiento Preventivo y el Mantenimiento Predictivo.

**El Mantenimiento Preventivo** está referido a tareas de Inspección y de limpieza, las cuales son desarrolladas según su criticidad, análisis de falla y necesidad.

**El Mantenimiento Predictivo** se emplea dos técnicas de Mantenimiento Predictivo; mantenimiento basado en la Temperatura y mantenimiento basado en análisis de gases de combustión.

#### **Resultados:**

- ✓ Programación de mantenimiento efectivo.
- ✓ Procedimiento operativo.
- ✓ Proposiciones de rediseño.
- ✓ Evaluación de los procesos de mantenimiento.

#### **Contenido de los pasos previos para implementar el RCM**

Estos pasos se inician cuando se evaluaron cada componente y se plantearon los trabajos de mantenimiento preventivo, predictivo y mantenimiento correctivo a realizar en el sistema y subsistema de la casa de fuerza donde se ubica este caldero de 50BHP, la planta de tratamiento de agua, las redes de vapor, red de agua caliente, red de retorno de a condensada agua, y todos los componentes que se han instalado para el eficiente funcionamiento del conjunto;

1° paso, evaluación de los componentes analizados, según su hoja de vida

2° paso, verificación de los check – lists, para ver los potenciales fallos de la instalación

3° paso, verificación de las posibles ordenes de trabajo que los componentes hayan tenido durante su funcionamiento, o Algún tipo de mantenimiento realizado.

4° paso, causas que la provocan, plan de actividades a seguir, aplicando la Ingeniería de Mantenimiento y teniendo

5° paso, verificación de resultados que nos arroja el software, luego de alimentar las Variables de cada componente en el programa, según la aplicación de la técnica RCM la mejora del impacto ambiental, el aumento de la producción, la fiabilidad de instalación, la disminución de costos de mantenimiento, el aumento en el conocimiento de una Instalación, la disminución de la dependencia de los fabricantes.

6° paso, los inconvenientes del RCM;

- Profundidad técnica del análisis a realizar -
- El tiempo que se requiere para llevarlo a cabo.
- El Costo.

## Conclusiones

La aplicación de la metodología del RCM permitió rediseñar la función de mantenimiento de la empacadora de atún objeto de estudio, eliminando actividades de mantenimiento que no garantizaban valores aceptables de confiabilidad y disponibilidad, reemplazándolas por actividades de inspección y mantenimiento autónomo.

Alinear las actividades hacia la mejora del plan de mantenimiento de la empacadora de atún, mediante el análisis de los modos y efectos de falla en el contexto operacional real, conduce a la reducción de la demanda de recursos físicos y humanos.

El plan de mantenimiento propuesto para la empacadora de atún en latas, utiliza actividades de mantenimiento autónomo y preventivo, que están orientadas a la mejora de la confiabilidad y disponibilidad.



## Referencias bibliográficas

- Allauca, N. (2019). Plan de mantenimiento basado en RCM para caldero de 50 bhp, caso: Hospital ciudad del Cusco.
- Arias, J. (2028) Implementación de un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para la envasadora de la línea de envase 1 de la Cervecería Bavaria de Bucaramanga, usando el proceso de RCM.
- Arteaga, Á., Fernández, M. , y Brito, Á. (2017). Evaluación energético-económica en la producción de atún en conservas en la industria ecuatoriana. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 26(3), 94-102. autotransformador de Pomasqui 230/138/13.8 kV (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2005).
- Banco Central del Ecuador. (2022). Exportaciones de conservas de atún del Ecuador por mercados 2014 a 2018 (Ene-Ago) en toneladas y valor FOB. CEIPA. Retrieved junio 11, 2023, from <http://ceipa.com.ec/quienes-somos/datos/>
- Barma, M., Saidurb, R., Rahman, S., Allouhi, A., Akash, B., & Sait, S. (2017). A review on boilers energy use, energy savings, and emissions reductions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 970-983. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.187>.
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51-59.
- Climaco, J. (2020). Diseño e implementación de un modelo de gestión de mantenimiento para el área de aguas residuales de la empresa Gecelca 3 SASESP.
- Envira, (2020). ¿Qué diferentes tipos de mantenimiento existen en una empresa? Recuperado el 30 de mayo de 2023 de: <https://envira.es/es/diferentes-tipo-de-mantenimiento-existen-empresa/>
- Gopalakrishnan, M. y Skoogh, A. (2018) Machine criticality based maintenance prioritization. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(4), 654-672
- Gopalakrishnan, M... [et al.] (2019) Machine criticality assessment for productivity improvement. *International Journal of Productivity and Performance Management*, , 68(5), 858-878.



- Industria Ecuatoriana Productora de Alimentos C.A. INEPACA (Ecuador). EMIS. (2020). Retrieved December 11, 2022, from [https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Industria\\_Ecuatoriana\\_Productora\\_de\\_Alimentos\\_CA\\_Inepaca\\_es\\_1219246.html](https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Industria_Ecuatoriana_Productora_de_Alimentos_CA_Inepaca_es_1219246.html) Industriales Y De Telecomunicación.
- Latinex. (2022, September 30). Análisis de Resultados Financieros y Operativos. . LATINEX. Retrieved December 11, 2022, from <https://www.latinexbolsa.com/>
- Latinex. (diciembre, 2022). Industria Ecuatoriana productora de Alimentos, C.A. (INEPACA). LATINEX. Retrieved marzo 11, 2023, from <https://www.latinexbolsa.com/es/emisor/iepa/>
- López, L. (2018). Aplicación de la metodología RCM en colectores de polvo en una Empresa Cementera para mejorar su confiabilidad.
- Macías, Á., Arteaga, Á., & Rodríguez, P. (2021). Análisis de los indicadores de la caldera de una planta procesadora de conservas de atún. *Ingeniería Mecánica*, 24(3), 11-17.
- Mendoza, M. (2018). Ecuador es una potencia atunera. *lideres*. Retrieved from <https://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-industria-procesa-atun-exportacion.html> visitado el 28 mayo 2022.
- Ministerio De Comercio Exterior. (2017) Informe sobre el Sector Atunero Ecuatoriano. Quito – Ecuador
- Organización de las Naciones Unidas ( 2017). Convención de las Naciones Unidas sobre los derechos del mar (OMI)
- Santana, Y. (2022, August 3). Análisis económico de empresas atuneras de la ciudad de Manta año 2019- 2020. Digital Publisher, 2(2).
- Sanz, M., & Patiño, M. (2018). Manual práctico del operador de calderas industriales (2 ed.). Madrid: Ediciones Paraninfo, SA

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.

