



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para la mejor disponibilidad de los equipos en el sector industrial de manufactura entre los años 2011-2019: una revisión sistemática de la literatura científica.”

Trabajo de investigación para optar el grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

**Autor:**

Henry Agreda Espinoza

**Asesor:**

Ing. Sandro Rivera Valle

Lima - Perú

2020

## DEDICATORIA

“A Dios, por brindarme voluntad e inspiración y guiarme en cada uno de mis sueños.

A mis padres y hermanos por ser los pilares de motivación de todo

lo que soy, por brindarme su apoyo

incondicional en cada decisión en mi vida y darme el

ejemplo maravilloso de superación y entrega.”

## **AGRADECIMIENTO**

“Gracias a mis padres y hermanos por ser los principales motivadores de mis sueños, gracias a ellos por cada día creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por mostrarme que los sueños se hacen realidad con el esfuerzo y la perseverancia; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.”

## Tabla de contenido

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Clasificación de Artículos.....	15
TABLA 2: Clasificación de Artículos.....	15
TABLA 3: Cuadro de artículos de la variable según la pregunta problema.....	17
TABLA 4: Cuadro de artículos de inclusión y exclusión.....	19
TABLA 5: Artículos Incluido.....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Número de documentos incluidos y excluidos .....	34
FIGURA 2: Número de artículos por año de publicación .....	34
FIGURA 3: Número de artículos por país.....	35
FIGURA 4: Número de artículos por idioma.....	36
FIGURA 5: Número de artículos por base de datos.....	36
FIGURA 6: Proceso RCM según la norma SAE JA1011.....	41
FIGURA 7: Taxonomía de equipos según norma ISO 14224.....	42
FIGURA 8: Metodología de RCM ampliada.....	42

## RESUMEN

Actualmente las empresas de manufactura se enfrentan a un mundo más competitivo y a un ritmo acelerado, producto de la globalización, ello los lleva a una constante necesidad de mejorar los procesos productivos, el aumento de la disponibilidad y fiabilidad de las instalaciones y equipos que son el soporte del proceso productivo, basado en ello se están adoptando prácticas de clase mundial como el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para mejorar la disponibilidad en el sector industrial.

El objetivo de esta investigación sistemática de literatura científica en artículos científicos es analizar las investigaciones realizadas sobre la práctica de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para la mejora de disponibilidad en el sector industrial entre los años 2011-2019, las bases de datos usadas fueron: Dialnet, Scielo, Redalyc y REDIB todos en idioma español.

La metodología usada fue la revisión sistemática de literatura científica con base en la adaptación de la metodología PRISMA, se detallaron los criterios de selección de la información como los años de publicación, idioma, países, palabras claves.

El resultado final es que al implementar el RCM en el sector industrial, aumenta la disponibilidad y se reducen los costos de mantenimiento.

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento centrado en confiabilidad, fiabilidad, sector industrial, mantenimiento para la disponibilidad de equipos

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

(Cuatrecasas,2012) Nos menciona que en el contexto de la economía mundial podemos decir que las diversas industrias han evolucionado para mejorar su competitividad, en ese aspecto la gestión de mantenimiento cumple el rol fundamental de brindar confiabilidad en los equipos que puedan soportar la rapidez en los procesos productivos actuales. La dirección de los procesos productivos ha ido mejorando en el paso del tiempo, impulsado por el avance del rendimiento de los equipos y las instalaciones (p. 3)

“En el pasado reciente el mantenimiento solo tenía una función reactiva dentro de la empresa: el cumplimiento de los programas sugeridos por los fabricantes”. (Hung, 2011)

También, Mayra-Gasca, Luis-Camargo y Byron-Medina, (2017) lo define de esta manera, al desarrollar solo mantenimientos por averías, los costos asociados a las fallas se aumentan, las paradas no planificadas impactan los costos de producción no solo por la interrupción del proceso, sino también por el desperdicio de material, defectos de calidad en los productos fabricados, riesgos de accidente por condiciones inseguras, y otros factores asociados a la baja confiabilidad de los activos (Difusa et al., 2009; Arata, 2009),(p. 2)

“El enorme costo implícito en las paradas de la producción ha obligado a cambiar por completo este punto de vista. Hoy en día el ambiente competitivo en que se desenvuelven las empresas ha propiciado la evolución del mantenimiento.” (Hung, 2011)

También, Mayra-Gasca, Luis-Camargo y Byron-Medina, (2017) lo define de esta manera Las organizaciones competitivas buscan altos niveles de confiabilidad operacional en sus procesos, productos y servicios, para aumentar la seguridad y efectividad de sus sistemas (Zio, 2009; Flores et al., 2010), (p. 2)



Por ello Actualmente en la industria se aplican técnicas de mantenimiento de avanzada, con filosofías de punta logrando romper los paradigmas tradicionales en todo su contexto. El mantenimiento debe en todo momento lograr la reducción de las averías imprevistas y de los tiempos de reparación, propiciar la prolongación de la vida útil de los componentes y/o equipos obteniendo los efectos del ahorro de recursos y con ellos, reducir los costos de mantenimiento de las instalaciones contribuyendo a mejorar la calidad de los productos y servicios. (Hung, 2011)

Al analizar la definición moderna de mantenimiento, se verifica que la misión del mantenimiento es garantizar la disponibilidad del funcionamiento de las instalaciones y equipos el cual permita atender a los procesos de producción o servicio con confiabilidad, con la seguridad adecuada y preservando el medio ambiente a un costo adecuado, (linares,2012)

Por lo tanto, hoy en la actualidad se están realizándola técnica de RCM en las empresas industriales. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Reliability Centered Maintenance, RCM, es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, aplicable a cualquier tipo de instalación industrial y muy útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento preventivo. Es un procedimiento estructurado para determinar la política de mantenimiento más adecuada para cada activo físico de una planta industrial, atendiendo a su contexto operacional. Se usa para saber lo que debe hacerse para asegurar que un activo físico, continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional, basado en garantizar la seguridad y minimizar el riesgo al entorno y las vidas humanas, el impacto al medio ambiente, a la afectación a la producción,

así como la disminución de los costos de operación y mantenimiento (Días et al., 2016) (Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría [E-ISSN: 1815-5944]).

Valencia y Mosquera (2018) Mencionan que los comienzos del mantenimiento RCM datan de finales de los 50 en EE. UU como una nueva metodología para generar confiabilidad en los equipos aeronáuticos, En aquel momento el número de accidentes en la aviación mundial tenían cifras muy elevadas y de ello 2/3 eran causadas por la falla en los equipos. Sí la gran mayoría de accidentes estaban relacionados con fallas en los equipos, la primera solución que debían adoptar era intentar hacerlos más seguros. Posteriormente se desarrollaron diferentes técnicas como la técnica del RCM (p. 3). El objetivo principal del RCM en una planta industrial es aumentar la disponibilidad y disminuir costos de mantenimiento.

La finalidad implantación de un mantenimiento centrado en fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de los equipos y la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción (Valencia y Mosquera, 2018). De esta manera podemos afirmar que, en cuanto técnicas de mantenimiento para obtener confiabilidad y fiabilidad de los equipos y de las instalaciones, el RCM se encuentra a la vanguardia.

Para reforzar lo mencionado se puede citar los siguiente, haciendo gala de la sabiduría milenaria del pueblo japonés, el ingeniero Takutaro Suzuki le dio al mundo una gran lección; estudiando profundamente el RCM y tuvo la delicadeza de aceptar en su libro “TPM in Process Industries”, que para optimizar la aplicación del TPM, debía utilizarse la metodología RCM. (linares,2012).

Por ello muchas empresas industriales vienen tomando más interés con el paso de los años en las técnicas de gestión de mantenimiento RCM porque quieren sus equipos e instalaciones sean confiables y siempre disponibles, ya que de esta manera obtienen la máxima productividad de sus máquinas y esto les garantiza una competitividad importante y la diferenciación en el mercado tan globalizado, acelerado y cambiante de hoy en día.

El resultado final que se obtiene al implementar el mantenimiento centrado en fiabilidad RCM en una planta industrial es aumentar la confiabilidad y disponibilidad de sus equipos y las instalaciones, de esta manera obtener la máxima eficiencia de los equipos e instalaciones en su proceso productivo con ello obtener la máxima rentabilidad productiva y optimizar los costos de mantenimiento en planta.

La presente investigación se realizó con el propósito de responder la siguiente pregunta ¿Cuál es la finalidad de implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para la mejora de la disponibilidad en el sector industrial?, determinado de esta manera los factores de mayor importancia para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) con el propósito de mejorar la disponibilidad.

El presente documento de investigación tiene como objetivo general de estudio: determinar si al implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), se mejora la disponibilidad en el sector industrial.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### Tipo de estudio

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica con base en la adaptación de la metodología PRISMA (Urrutia y Bonfill, 2010).

### Fundamentación del proceso metodológico

Diana-Olarte, Leonardo-Ríos (2015) definen así la revisión sistemática es para definir procesos jerárquicos de selección de la literatura científica, teniendo en cuenta criterios de calidad y de disminución de sesgos en la selección de los estudios incluidos en las revisiones sistemáticas, de modo que hagan posible integrar la información existente filtrada a partir de dichos protocolos, así como sintetizar los hallazgos para dar recomendaciones respecto a la pregunta formulada (Pai, *et al.* 2004; Manterola y Zavando, 2009; Sacks *et al.* 1987; Urrutia y Bonfill, 2010).

La pregunta de investigación para realizar el proceso metodológico fue la siguiente:  
¿Cuál es la finalidad de implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para la mejora de la disponibilidad en el sector industrial?

### Procesos de Recolección de Información

El proceso de recaudación de información del estudio tiene los siguientes criterios de selección:

- a) Artículos científicos de estudios experimentales y descriptivos de institutos tecnológicos, universidades, empresas medianas y grandes donde tiene como

tema de estudio la implementación del CRM en el sector industrial. Todos ellos se encuentran en idioma español y en edición digital.

- b) El periodo de tiempo donde se recaudaron los artículos científicos son durante los años 2010 al 2020, con el propósito hacer un análisis del mantenimiento centrado en confiabilidad (CRM) en la mejora de la disponibilidad del sector industrial.
- c) Para iniciar la búsqueda de información se ha tenido en cuenta el título, el sector al cual va dirigido y la pregunta problema de investigación.
- d) Las palabras claves o los keywords utilizados son: sistema de gestión; mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mantenimiento centrado en confiabilidad e indicadores de disponibilidad, confiabilidad, fiabilidad y disponibilidad de equipos en la industria, estrategias de mantenimiento, sector industrial y el resumen en español e inglés.
- e) Se utilizaron las bases de datos Dialnet, redalyc.org, REDIB, Scielo y EBSCO porque son de libre acceso.

Se procedió con los siguientes pasos en la búsqueda de información de la literatura científica:

- 1) Primero se realizó la búsqueda rápida superficial para encontrar estudios relacionados al tema en la base de datos Dialnet, redalyc.org, REDIB, Scielo y google académico.

La base de datos REDIB es una plataforma de agregación de contenidos científicos y académicos en formato electrónico producidos en el ámbito iberoamericano.

La base de datos Dialnet es un proyecto de cooperación bibliotecaria, es un portal en formato electrónico que recopila y proporciona acceso a documentos publicados en español.

La base de datos Redalyc es un sistema de indización que integra a su índice revistas de alta calidad científica y editorial de la región.

La base de datos Scielo es una biblioteca electrónica que permite la publicación de ediciones completas de las revistas científicas.

La base de datos EBSCO, es un buscador especializado en la búsqueda de contenido y bibliografía científico-académica.

- 2) Se realizó la búsqueda avanzada del título del tema usando los filtros por los años, palabras clave, autor, región e idioma.
- 3) Se buscó las investigaciones anteriores con respecto a nuestro tema de interés disponibles en la web, sirve como orientación.

Se excluyeron del presente estudio artículos que no corresponden a los periodos mencionados, que no corresponda a la industria de análisis en la pregunta problema, que no contengan las palabras clave, documentos como tesis, ensayos, monografías, informes y trabajos para optar a ciertos grados académicos.

Los artículos mencionados se insertaron en tablas de Excel, denominándose tablas de sistematización, consignando campos que indican los párrafos precedentes, en donde se expuso los artículos de inclusión y de exclusión.

Tabla 1.

*Campo de clasificación de los artículos*

<b>Autores</b>	<b>título</b>	<b>Año</b>	<b>Revista de publicación</b>	<b>Base de datos</b>	<b>Resumen</b>	<b>Palabras claves</b>	<b>Tópico 1</b>
----------------	---------------	------------	-----------------------------------	--------------------------	----------------	----------------------------	-----------------

Tabla 2.

*Continuación de campos de clasificación de artículos*

<b>Tópico</b>	<b>Tipo de</b>	<b>Enfoque</b>	<b>Variables</b>	<b>Instru</b>	<b>Motivos de</b>	<b>Motivos de</b>	<b>País</b>
<b>2</b>	<b>estudio</b>	<b>metodológico</b>		<b>mentos</b>	<b>exclusión</b>	<b>Inclusión</b>	

**Nota:** Elaboración de tablas sistemáticas con los campos señalados donde se especifican los análisis comparativos de los artículos de inclusión y exclusión en el desarrollo de la revisión sistemática.

En la búsqueda de artículos científicos se precisaron los más relevantes artículos de revistas fidedignas del cual se colocaron en las matrices sistemáticas de la tabla 1 y 2 se encontraron:

### **1. DIALNET**

- Cantidad de artículos: 3
- Incluidos:3
- Excluidos: 0
- Palabras claves: confiabilidad de equipos, mantenimiento centrado en confiabilidad
- Idioma: español
- Año:2012,2014, 2015,2016,2018
- País de Publicación: Colombia, Cuba, España

### **2. SCIELO**

- Cantidad de artículos: 8
- Incluidos:3
- Excluidos:5
- Palabras claves: mantenimiento centrado en confiabilidad
- Idioma: español
- Año:2011-2019
- País de Publicación: Colombia, México, Venezuela, Chile

### **3. REDIB**

- Cantidad de artículos: 7
- Incluidos:4
- Excluidos: 3
- Palabras claves: mantenimiento centrado en confiabilidad
- Idioma: español
- Año: 2012,2015,2016,2018
- País de publicación: Ecuador, Colombia, México



#### 4. REDALYC

- Cantidad de artículos: 23
- Incluidos: 13
- Excluidos: 10
- Palabras claves: mantenimiento centrado en confiabilidad, indicadores de disponibilidad
- Idioma: español
- Año: 2011-2019
- País de publicación: Cuba, México, Colombia, España, Venezuela, Perú

#### 5. EBSCO

- Cantidad de artículos: 2
- Incluidos: 2
- Excluidos: 1
- Palabras claves: mantenimiento centrado en confiabilidad, organización de la producción
- Idioma: español
- Año: 2011-2019
- País de publicación: Cuba, España

Se utilizaron 43 artículos, 3 artículos de DIALNET, 08 artículos de SCIELO, 7 artículos en REDIB, 23 artículos REDALYC y 2 artículos EBSCO donde se encontraron 18 los artículos de exclusión al realizar la revisión completa y 25 artículos de inclusión.

Tabla 3.

*Cuadro de artículo de las variables según la pregunta problema*

<b>OBJETO DE ESTUDIO</b>	<b>METODO DE ESTUDIO</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>
<b>Mantenimiento y confiabilidad en la industria</b>	Entrevistas, encuestas y estadístico descriptivo	Análisis descriptivo u muestreo	REDALYC	Díaz-Concepción, Armando, y Villar-Ledo, Leisis, y Cabrera-Gómez, Jesús, y Gil-Henríquez, Antonio Salvador, y Mata-Alonzo, Rafael, y Rodríguez Piñeiro, Alberto J. (2016). Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. Ingeniería Mecánica, 19 (3), 137-142. [Fecha de consulta 26 de abril de 2020]. ISSN:. Disponible en: <a href="https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225147535003">https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225147535003</a>
<b>Indicadores de disponibilidad en la industria</b>	Estadístico descriptivo	Análisis descriptivo y explicativo	REDALYC	Hung, Alberto J. (2011). Mantenimiento centrado centrado en confiabilidad confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC. Ingeniería Energética, XXX (2),13-19. [fecha de Consulta 26 de abril de 2020]. ISSN: Disponible en: <a href="https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127741002">https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127741002</a>
<b>Confiabilidad de equipos en el sector industrial</b>	Estadístico y recolección de información	Desarrollo cualitativo y explicativo	SCIELO	Gasca, Maira C, Camargo, Luis L, & Medina, Byron. (2017). Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. Información tecnológica, 28(4),Disponible en <a href="https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n4/art14.pdf">https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n4/art14.pdf</a>
<b>Mantenimiento centrado en confiabilidad</b>	El interés académico y el análisis descriptivo	Análisis descriptivo y explicativo	EBSCO	Linares Depestre, I. L. O. (2012). Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Centro Azúcar, 39(3), 7–14. Disponible en <a href="http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&amp;sid=3443aa5f-0fc3-4520-acfc-7b584a0112f8%40pdc-v-sessmgr06">http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&amp;sid=3443aa5f-0fc3-4520-acfc-7b584a0112f8%40pdc-v-sessmgr06</a>
<b>Disponibilidad de equipos en la industria</b>	El interés académico y el análisis descriptivo	Análisis descriptivo y explicativo	EBSCO	Cuatrecasas Arbós, L. (2011). Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva. Díaz de Santos.

<b>Confiabilidad de equipos en la industria</b>	Estadístico, experimental y explicativo	Desarrollo cualitativo y explicativo	DIALNET	Guevara, W., Valera Cárdenas, A., & Gómez Camperos, J. A. (2015). Metodología para evaluar el factor confiabilidad en la gestión de proyectos de diseño de equipos industriales. <i>Revista Tecnura</i> , 19, 129-141. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a11. Disponible en <a href="file:///C:/Users/alex/Downloads/Dialnet-MetodologiaParaEvaluarElFactorConfiabilidadEnLaGes-6772610.pdf">file:///C:/Users/alex/Downloads/Dialnet-MetodologiaParaEvaluarElFactorConfiabilidadEnLaGes-6772610.pdf</a>
<b>Confiabilidad, gestión de mantenimiento</b>	El interés académico y el análisis descriptivo	Análisis descriptivo	REDIB	Ramírez-Márquez, M. M., Viscaino-Valencia, P. R., & Mera-Mosquera, A. R. (2018). Evaluación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). <i>Polo del Conocimiento</i> , 3(3). Disponible en <a href="https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/635">https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/635</a>

En la tabla 3, se detalla el proceso de clasificación de documentos especificado en una tabla con estas columnas: objeto de estudio, método de estudio, resultados y referencia bibliográfica, cuadro de variables según la pregunta problema.

Tabla 4.

*Cuadro de artículo de inclusión y exclusión en totalidad*

<b>Numero</b>	<b>Base de datos</b>	<b>Titulo</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Idioma</b>	<b>Estado</b>
<b>1</b>	REDALYC	Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica	Cuba	2016	Español	Incluido
<b>2</b>	REDALYC	Mantenimiento centrado en centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC	Cuba	2011	Español	Incluido
<b>3</b>	SCIELO	Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial	Colombia	2017	Español	Incluido
<b>4</b>	EBSCO	Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.	Cuba	2012	Español	Incluido
<b>5</b>	EBSCO	Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva	España	2011	Español	Incluido
<b>6</b>	DIALNET	Metodología para evaluar el factor confiabilidad en la gestión de proyectos de diseño de equipos industriales	Colombia	2015	Español	Incluido

7	REDIB	Evaluación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	Ecuador	2018	Español	Incluido
8	REDALYC	Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos	México	2018	Español	Incluido
9	DIALNET	Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo	Colombia	2014	Español	Incluido
10	DIALNET	Ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad a los equipos altamente críticos de la Empresa Comercializadora LICRATEX C.A	Colombia	2018	Español	Incluido
11	REDALYC	Rol del fallo mecánico en la optimización del mantenimiento en una central nuclear	Cuba	2012	Español	Incluido
12	SCIELO	Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización de la energía eléctrica	Venezuela	2016	Español	Incluido

<b>13</b>	REDALYC	Procedimiento basado en el modelo conceptual del mantenimiento centrado en la fiabilidad para la reconversión de la industria azucarera en el contexto cubano	Cuba	2017	Español	Incluido
<b>14</b>	SCIELO	Propuesta de optimización del mantenimiento de planta minera de cobre ministro hales, mediante análisis de confiabilidad, utilizando la metodología FMECA	chile	2018	Español	Incluido
<b>15</b>	REDALYC	Gestión de mantenimiento en pymes industriales	Venezuela	2013	Español	Incluido
<b>16</b>	REDALYC	Rol del fallo mecánico en la optimización del mantenimiento en una central nuclear	Cuba	2012	Español	Incluido
<b>17</b>	REDALYC	Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos	Cuba	2012	Español	Incluido
<b>18</b>	REDALYC	Metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial	Colombia	2019	Español	Incluido

19	REDALYC	Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad	Perú	2014	Español	Incluido
20	REDALYC	Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013	Perú	2016	Español	Incluido
21	REDIB	Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera	Perú	2014	Español	Incluido
22	REDIB	Evaluación del comportamiento de los motores pertenecientes a una planta eléctrica mediante los indicadores de mantenimiento	Ecuador	2016	Español	Incluido
23	REDIB	Propuesta de metodología para gestión de mantenimiento de equipos y sistemas de uso médico	Ecuador	2017	Español	Incluido

24	REDALYC	El mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de un sistema de generación de vapor	Cuba	2011	Español	Incluido
25	REDALYC	la confiabilidad en los sistemas eléctricos competitivos y el modelo colombiano de cargo por confiabilidad	Colombia	2012	Español	Incluido
26	REDALYC	Estudio de gastos en insumos de mantenimiento correctivo de las cuñas tractoras en empresa de transporte.	Cuba	2008	Español	Excluido
27	REDALYC	implementacion de un sistema de control predictivo multivariable en un horno	Colombia	2009	Español	Excluido
28	REDALYC	El control de procesos industriales y su influencia en el mantenimiento	Perú	2011	Español	Excluido
29	REDALYC	La productividad en el mantenimiento industrial	México	2009	Español	Excluido



30	REDALYC	Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Fundamento teórico práctico	Cuba	2008	Español	Excluido
31	REDALYC	Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento	Cuba	2016	Español	Excluido
32	REDALYC	mantenimiento y análisis de vibraciones	Cuba	2007	Español	Excluido
33	REDALYC	metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial	Colombia	2009	Español	Excluido
34	REDALYC	Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia	Colombia	2011	Español	Excluido
35	REDALYC	Nuevo enfoque sobre la gestión del mantenimiento en subestaciones eléctricas	Cuba	2007	Cuba	Excluido

36	SCIELO	La Eficiencia de la Planeación del Mantenimiento Preventivo y los Métodos Multicriterio: Estudio de un Caso	México	2008	Español	Excluido
37	SCIELO	Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento	Cuba	2016	Español	Excluido
38	SCIELO	Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador	Ecuador	2019	Español	Excluido
39	SCIELO	Análisis preventivo de riesgos en el mantenimiento de la permeabilidad de catéter venoso central de inserción periférica.	Brasil	2019	Español	Excluido
40	SCIELO	Cronograma de mantenimiento de unidades termoeléctricas convencionales en un mercado eléctrico competitivo	Bolivia	2018	Español	Excluido

41	REDIB	Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera	Perú	2015	Español	Excluido
42	REDIB	Análisis de criticidad personalizados // Análisis of Criticcate Personalizad	Cuba	2009	Español	Excluido
43	REDIB	Tecnología para el análisis de criticidad de los sistemas tecnológicos en empresas biofarmacéuticas// Tecnología for criticality analysis of tecnológica systems in biopharmaceutical companies	Cuba	2020	Español	Excluido

### **Criterios de inclusión y exclusión:**

Como criterios de inclusión (considerados) se analizó si los artículos de bases datos científicos de idioma de habla hispano estén entre los años 2011 al 2019, se buscó artículos de países de idioma español como Cuba, Colombia, México y España que estaban enfocados al tema tratado, se analizó si los artículos brindaban información de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos por medio del RCM en el sector industrial. Se analizó si el artículo fue citado para otras investigaciones, se analizó si la investigación en el artículo es original e inédito, se analizó si tenían título, resumen en español e inglés relacionado a enriquecer el tema de la revisión.

Como criterios de exclusión ( no considerados) se excluyeron del presente estudio artículos que no corresponden a los periodos mencionados, que no corresponda a la industria de análisis en la pregunta problema, que no contengan las palabras clave, documentos como tesis, ensayos, monografías, informes y trabajos para optar a ciertos grados académicos, los documento en algún idioma extranjero que no sea el español, documentos que estuvieron fuera del periodo requerido, o que, a pesar de estar dentro del periodo, no estaban disponibles para su revisión.

Por otro lado, los documentos duplicados se manejaron su descarte a través de compararlos por su título, autores, repositorio y año de publicación, esto se realizó uno por uno.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Después de realizar la búsqueda de información de los artículos de literatura científica que se relacionan con el tema propuesto, viendo títulos y resúmenes, se obtuvo como resultado que la base de datos de REDALYC de los 23 documentos revisados, se seleccionaron 13; de los 08 documentos SCIELO, se seleccionaron 03; de los 3 documentos EBSCO, se seleccionaron 02, de los 3 documentos DIALNET, se seleccionaron 03 y de los 07 documentos REDIB; se seleccionaron 04, de todos teniendo un total de 25 artículos utilizados que contienen información relevante para la investigación. En la siguiente tabla se muestra la lista final de los 25 artículos incluidos en la investigación.

Tabla 5.

*Artículos incluidos*

Numero	Base de datos	Titulo	País	Año	Idioma	Estado
1	REDALYC	Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica	Cuba	2016	Español	Incluido
2	REDALYC	Mantenimiento centrado en centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC	Cuba	2011	Español	Incluido
3	SCIELO	Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos	Colombia	2017	Español	Incluido

		en el Sector Industrial				
4	EBSCO	Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.	Cuba	2012	Español	Incluido
5	EBSCO	Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva	España	2011	Español	Incluido
6	DIALNET	Metodología para evaluar el factor confiabilidad en la gestión de proyectos de diseño de equipos industriales	Colombia	2015	Español	Incluido
7	REDIB	Evaluación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	Ecuador	2018	Español	Incluido
8	REDALYC	Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos	México	2018	Español	Incluido
9	DIALNET	Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo	Colombia	2014	Español	Incluido

<b>10</b>	DIALNET	Ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad a los equipos altamente críticos de la Empresa Comercializadora LICRATEX C.A	Colombia	2018	Español	Incluido
<b>11</b>	REDALYC	Rol del fallo mecánico en la optimización del mantenimiento en una central nuclear	Cuba	2012	Español	Incluido
<b>12</b>	SCIELO	Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización de la energía eléctrica	Venezuela	2016	Español	Incluido
<b>13</b>	REDALYC	Procedimiento basado en el modelo conceptual del mantenimiento centrado en la fiabilidad para la reconversión de la industria azucarera en el contexto cubano	Cuba	2017	Español	Incluido
<b>14</b>	SCIELO	Propuesta de optimización del mantenimiento de planta minera de cobre ministro hales, mediante análisis de confiabilidad, utilizando la metodología FMECA	chile	2018	Español	Incluido

<b>15</b>	REDALYC	Gestión de mantenimiento en pymes industriales	Venezuela	2013	Español	Incluido
<b>16</b>	REDALYC	Rol del fallo mecánico en la optimización del mantenimiento en una central nuclear	Cuba	2012	Español	Incluido
<b>17</b>	REDALYC	Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos	Cuba	2012	Español	Incluido
<b>18</b>	REDALYC	Metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial	Colombia	2019	Español	Incluido
<b>19</b>	REDALYC	Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad	Perú	2014	Español	Incluido
<b>20</b>	REDALYC	Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013	Perú	2016	Español	Incluido
<b>21</b>	REDIB	Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de	Perú	2014	Español	Incluido



		combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera				
22	REDIB	Evaluación del comportamiento de los motores pertenecientes a una planta eléctrica mediante los indicadores de mantenimiento	Ecuador	2016	Español	Incluido
23	REDIB	Propuesta de metodología para gestión de mantenimiento de equipos y sistemas de uso médico	Ecuador	2017	Español	Incluido
24	REDALYC	El mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de un sistema de generación de vapor	Cuba	2011	Español	Incluido
25	REDALYC	la confiabilidad en los sistemas eléctricos competitivos y el modelo colombiano de cargo por confiabilidad	Colombia	2012	Español	Incluido

*Fuente:* Elaboración propia

**Nota:** En esta tabla se puede observar los resultados de los artículos científicos que se utilizaron para la investigación.



Figura 1. Número de documentos incluidos y excluidos

En la Figura Nro. 02 se muestra los 25 artículos científicos publicados por año donde se ve el interés del tema investigado, siendo en el año 2012 con 05 publicaciones, seguido del 2014 con 04 publicaciones. Por otro lado, entre el 2014 y 2019 se muestran la mayor cantidad de publicaciones siendo el 60% con 15 publicaciones del total, ello demuestra que cada año hay más interés en el mantenimiento centrado en confiabilidad RCM.

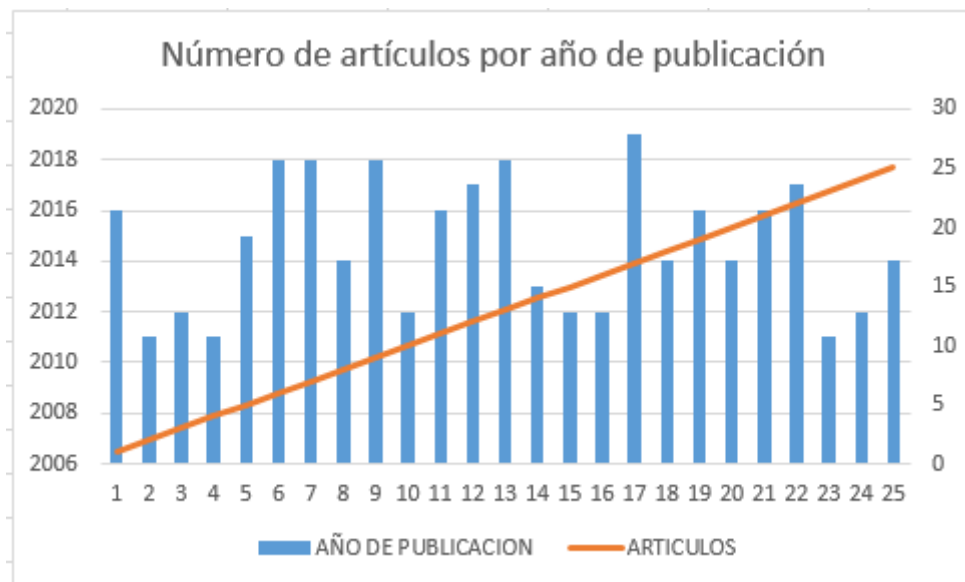
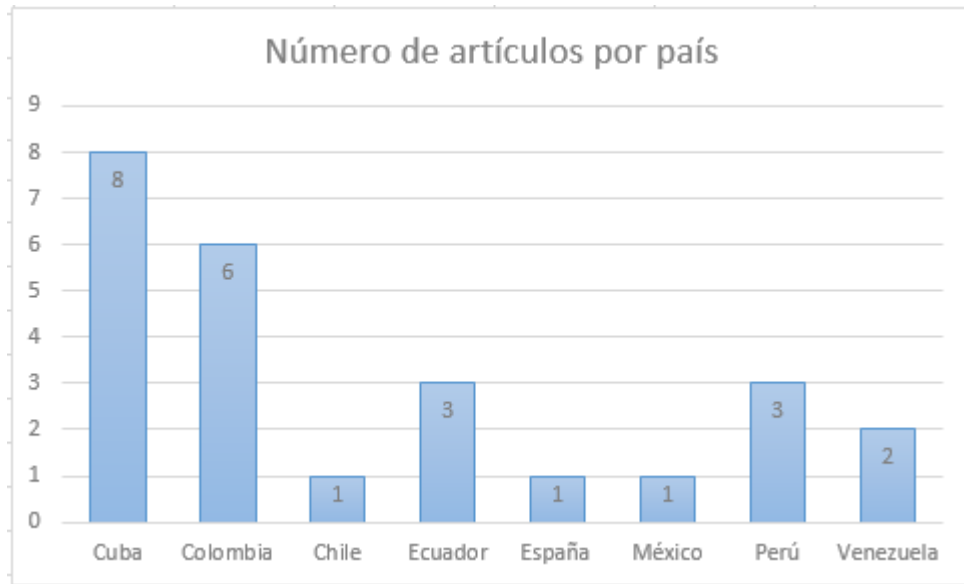


Figura 2. Número de artículos por año de publicación



*Figura 3.* Número de artículos por país

Las publicaciones de los artículos por país, en la Figura Nro. 03 muestra que Cuba con 8 publicaciones es el país con más artículos científicos publicados del tema de investigación, seguido Colombia con 6, siendo estos 2 países los que más investigación científica del tema realizan y más publicaciones tienen y los demás países como Ecuador y Perú tienen 3 publicaciones cada uno, Venezuela 2, en esta investigación los países con menos publicación son México, España y Chile con 1.

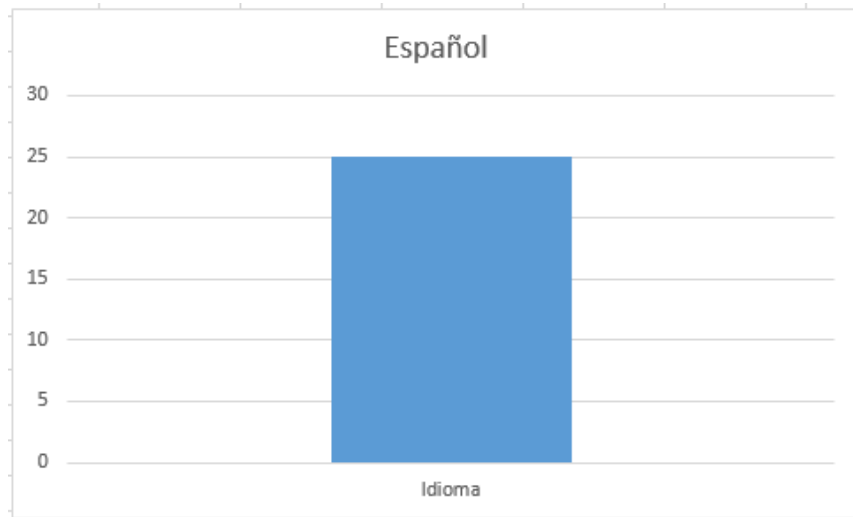


Figura 4. Gráfico del número de artículos por idioma

En la Figura Nro. 04 se muestra la cantidad de publicaciones según el idioma utilizado, donde las 25 publicaciones están en idioma español.

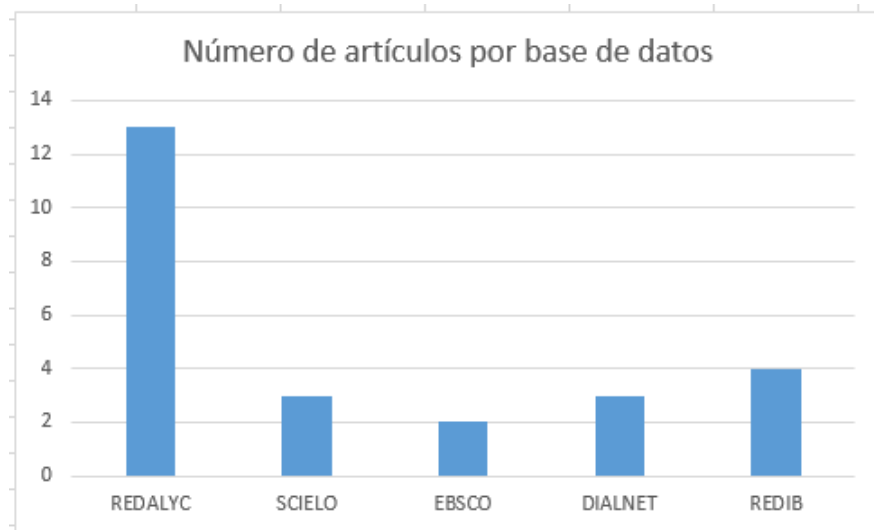


Figura 5. Gráfico del número de artículos por base de datos

En la Figura Nro. 05 tenemos la cantidad de artículos científicos de inclusión obtenidos del base de datos consultas, se observa que Redalyc con 13 artículos científicos fue en donde más publicaciones de relevancia para el tema se obtuvo, ello representa el 52% del total de base de datos consultada, Redib se obtuvo 04 publicaciones, en Dialnet y Scielo 3 publicaciones cada uno y en la base de datos Ebsco solo se encontró 02 publicaciones alineadas al tema de investigación.

Se amplió la información con el propósito de salvaguardar los estudios relevantes de la literatura científica de investigación, ofreciendo una mejor recopilación de la información, en este sentido, se consideró la sensibilidad de la búsqueda en cuanto a mayor revisión de publicaciones menor fue la precisión, habiendo artículo no importantes para la finalidad del estudio, considerándose para lo cual artículos que fueran relevantes a la temática, indicando el número de publicaciones descritos relevantes en los artículos. Esta situación generó la especificidad de las publicaciones que cumplen con los criterios científicos de inclusión en una labor de revisión sistemática del tema.

los artículos analizados mencionaron que cada vez más las empresas del sector industrial investigan e invierten más, centrándose en una buena gestión de mantenimiento. Las empresas industriales apuntan a ser más competitivos, producto de la globalización, ello los lleva a una constante necesidad de mejorar y aumentar la disponibilidad y fiabilidad de sus instalaciones y equipos, para obtener la máxima rentabilidad y costos bajos basado en ello se está adoptando prácticas de clase mundial como el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para mejorar la disponibilidad en el sector industrial.

Dentro de la investigación hemos encontrado que el método mantenimiento Centrado en confiabilidad es una metodología utilizada para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe llevando a cabo su función, en el contexto operacional presente (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015).

Los artículos explican que el mantenimiento centrado en confiabilidad es una guía que nos sirve para identificar el tipo de mantenimiento y la rutina sobre los equipos e instalaciones más importantes de la empresa de la empresa de producción. También se analiza el éxito de la misma, en gran medida se debe a que el RCM propone un procedimiento que permite realizar un programa de mantenimiento que se ajuste a las necesidades reales funcionales de los equipos e instalaciones de producción tomando como punto de inicio el nivel de riesgo como consecuencias por la pérdida de la función que generan los modos de fallos de los equipos e instalaciones dentro de un determinado contexto operacional de trabajo.

Por lo tanto, Días et al. (2016) Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría [E-ISSN: 1815-5944] (2016). En el artículo implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica, 2016.tuvo como objetivo diseñar una herramienta tipo encuesta para una empresa de transmisión eléctrica que permita conocer si es pertinente la implementación de un sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y determinar si es posible realizar esta implementación en ese momento, que iría enfocado a optimizar costos, aumentar la disponibilidad y confiabilidad operacional, optimizar el rendimiento y aumentar el período de vida útil de los activos. A causa de que el mantenimiento actualmente se ve como un gasto. El tipo de diseño es descriptivo. La

metodología está basada en encuestas aplica a 9 especialistas con amplio tiempo de experiencia en la actividad que es objeto de estudio y un muestreo. En el resultado se validó dicha herramienta demostrándose su confiabilidad obteniéndose un valor de 92 % en caso de la primera variable decretándose excelente y un valor de 72 % en la segunda variable considerada aceptable, de la aplicación a un caso de estudio validó la importancia de la herramienta dado que los indicadores de confiabilidad de la encuesta son buenos y existe concordancia entre los especialistas.

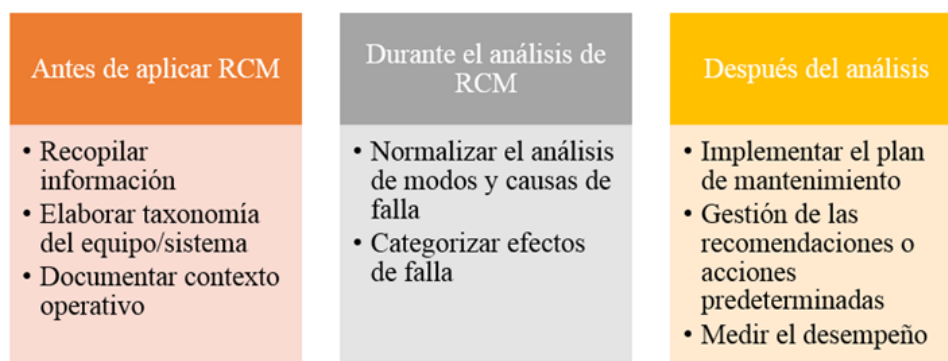
También, Barros, Valencia, y Vargas (2014) en el artículo titulado: Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo. Tienen como objetivo realizar mejoras en el mantenimiento a la sección destinada a la producción de lingotes de plomo mediante la implementación del RCM. La metodología para la implementación fue el análisis funcional, identificando los modos de falla (Causas de las fallas), Efectos de las Fallas (Manifestación de las fallas), Jerarquización del Riesgo (Criticidad). Como resultado se concluye que luego de haber implementado el RCM se logró establecer un programa de mantenimiento constituido por tareas proactivas (Predictivas, Preventivas, tareas de chequeo) propuestas para cada uno de los modos de falla definidos anteriormente, una identificación de los componentes por equipo más detallada, unas consideraciones para la seguridad y operación de la máquina que no estaban previstas anteriormente, mayor vida útil de los activos físicos costosos, y un rediseño en un activo físico (Agitador y Bomba crisol) con lo que se espera incrementar la vida útil aún más que la que se obtiene con la configuración actual.

La empresa de producción que aplica el RCM puede bajar su carga de trabajo de mantenimiento a unos 40% en comparación con la que no lo implementa. Esta disminución se debe a que el mantenimiento preventivo es rutinario y abarca todo el equipo en cambio el RCM después del estudio de criticidad solo abarca a los que afectan el funcionamiento del equipo.

También Blanco y Duque (2018) en su artículo titulado: Ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad a los equipos altamente críticos de la Empresa Comercializadora LICRATEXC.A. Teniendo como objetivo aplicar la metodología de Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad (RCM) a los equipos de una industria textil. El tipo de estudio es experimental aplicativo y semi-cuantitativo, la muestra es de tipo censal para la cual se usó las opiniones del personal del área de mantenimiento y de los operadores, además de algunos datos del fabricante y distribuidores de los equipos, se realizó el diagnóstico de mantenimiento de la empresa en general a través de la norma covenin 2500, también se incluyó el análisis de criticidad de las diferentes máquinas y equipos, el AMEF (análisis del modo de fallas sus efectos) bajo la norma SAEJA1011, el análisis de Pareto y el método de la ruta crítica (CPM), Los resultados obtenidos en el diagnóstico indican que la empresa utiliza en bajo porcentaje, mantenimiento predictivo y correctivo y la matriz de criticidad señala que la maquina tendedora de tela se encuentra en niveles de criticidad. En conclusión, se diseñó la propuesta con tareas para la mitigación de fallos de los equipos en función del tipo de mantenimiento seleccionado para los equipos de la empresa, la confiabilidad de los equipos tratados con el RCM aumentará conforme se apliquen las labores para prevenir los modos de falla.



En el artículo de Campos, Tolentino, Toledo y Eslava (2018) titulado Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos, donde el objetivo del estudio fue proponer una metodología RCM aumentada para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad que además de incluir los pasos que señala la norma SAE JA1011(ver fig.6), se incluyan algunos pasos adicionales que facilitan la aplicación desde la importancia de contar con información de calidad y asegura que el analista conozca bien el activo antes del análisis, al definir el contexto operativo y la taxonomía(ver fig.8). El tipo de estudio es descriptivo explicativo, la metodología usada fue el análisis de las normas SAE JA1011 y SAE JA1012 para RCM, el análisis de modos de falla y efectos de la norma SAE J1739 y el análisis de la norma ISO 14224.En el resultado final se obtuvo una metodología de RCM aumentada que incluye pasos adicionales tales como: recopilación de información, utilización de la norma ISO 14224 para uniformizar la información del equipo, utilización de bases de datos como OREDA para las causas de falla y la evaluación de efectos de falla para definir los numero de prioridad de riesgo (NPR) y jerarquizar las fallas (ver fig. 9).



*Figura 6.* Fuente: Campos, et al. (2018) Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad según la norma SAE JA1011

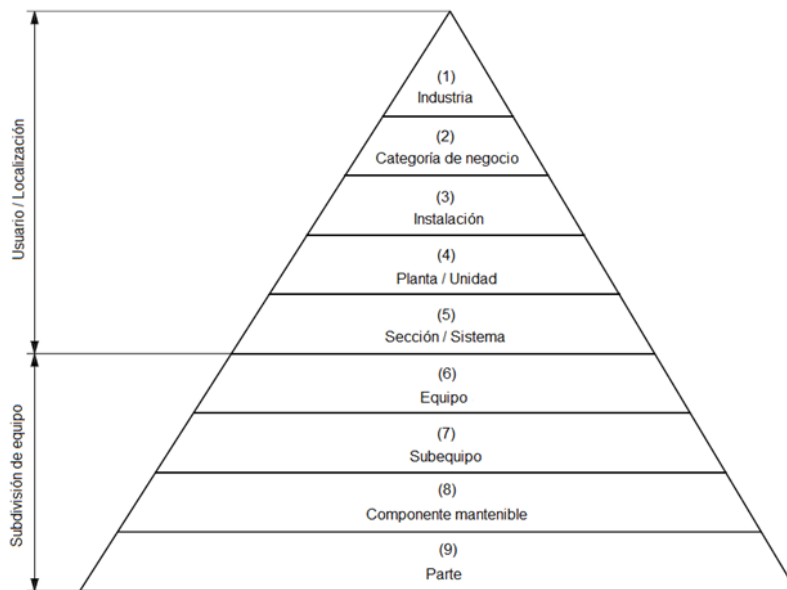


Figura 07. Fuente: Campos, et al. (2018) Taxonomía de equipos con niveles taxonómicos según norma ISO 14224



Figura 08. Fuente: Campos, et al. (2018) Metodología de RCM ampliada.

La revisión de la literatura también investigo, los tipos de mantenimiento que utilizan las empresas para tener en óptimas condiciones sus equipos de producción como el mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, mantenimiento productivo total y nuestro propósito de investigación el RCM empleada por varias compañías para optimizar la eficacia de sus equipos.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se analizó la literatura científica de las bases de datos REDIB, EBSCO, DIALNET, SCIELO y REDALYC sobre el mantenimiento centrado en confiabilidad y la mejora en las disponibilidades de los equipos e instalaciones en las empresas del sector industrial, se realizó una búsqueda de información entre los años 2011-2019, donde se encontraron 43 investigaciones de las cuales 25 fueron las incluidas en el trabajo de investigación para realizar un análisis del tema a tratar. Los artículos científicos utilizadas provienen de investigadores de países en su mayoría latinos, en las futuras investigaciones lo recomendable sería ampliar más el rango del alcance internacional con respecto a los artículos de investigación, de esta manera se obtendrá mayor información debido a la mayor cobertura, teniendo en cuenta que es un tema muy importante para las empresas del sector industrial el aprovechamiento de publicaciones disponibles sobre RCM.

Se observó un crecimiento de las publicaciones en este tema entre el 2014 – 2019 se muestran la mayor cantidad de publicaciones siendo el 60% con 15 publicaciones del total. Las investigaciones sobre mantenimiento centrado en confiabilidad y el impacto en la mejor disponibilidad de los equipos e instalaciones son pocas, pero hay una tendencia de crecimiento por las investigaciones enfocadas a esta temática en los últimos 5 años , pasando de 10 publicaciones entre 2011 - 2014 a 15 publicaciones en el periodo de 2014-2019, esta tendencia en alza en la curva de publicaciones nos permite pronosticar que las investigaciones seguirán aumentando debido a la creciente preocupación de las empresas del sector industrial en la gestión del mantenimiento RCM y la mejora en la disponibilidad de sus equipos e instalaciones de esta manera obtener una ventaja competitiva con respecto a

sus competidores. En esta curva creciente de publicaciones en los últimos años en las bases de datos REDIB, EBSCO, DIALNET, SCIELO y REDALYC, siendo este último con 13 publicaciones la base de datos más amigable que permite buscar información del tema con extrema precisión por la gran cantidad de filtros que presenta, por ello es más eficaz el encontrar el tema investigado.

Los 25 artículos científicos analizados fueron con la finalidad de responder la pregunta propuesta y comprobando con el planteamiento de los autores y llegando a la conclusión que al implementar el RCM en el sector industrial aumenta la disponibilidad y se reducen los costos de mantenimiento, también considerando una revisión profunda de un conjunto representativo de estrategias clásicas de mantenimiento y modelos actuales de gestión de mantenimiento los cuales siguen una secuencia lógica de actuación jerarquizada y analizada a través de un análisis de criticidad lo que hace predecibles los defectos de los equipos, lo cual tiene un impacto positivo sobre los indicadores de disponibilidad y confiabilidad en los equipos aumentando su vida útil, por otra parte el mantenimiento efectivo de los equipos de la planta puede reducir significativamente el costo operativo y mejorar la productividad dentro de la planta.

Además, se considera que actualmente las industrias cuentan con una alta cantidad de equipos e instalaciones en sus procesos industriales producto de la competitividad y globalización de la era moderna, y ello nos indica que requieren mayor necesidad del mantenimiento en los últimos años, por lo cual la gestión del mantenimiento en la organización se deba manejar de manera formal y responsable asegurando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos por ello podemos afirmar que la investigación realizada nos

indica que el objetivo del mantenimiento RCM es maximizar la confiabilidad de los equipos y sistemas de producción, mientras se intenta reducir los costos de mantenimiento.

Como conclusión del informe se puede afirmar que la ventaja de implementar RCM en la línea productiva es que asegura una estrategia de mantenimiento correcta, aumentando la disponibilidad y a la vez disminuye los costos de mantenimiento.

**Pero yo pienso** a mi criterio que en las industrias en su gran mayoría es común encontrar equipos sin planes de mantenimiento o bien con planes desenfocados y sin ningún efecto real sobre los equipos. Esto debido a que el equipo debe poseer una estrategia de mantenimiento según la fase de su vida en la que se encuentra (curva de la bañera), no es lo mismo realizarle un plan de mantenimiento a un equipo nuevo, que, si va cumplir el ciclo de vida de sus componentes, y realizar un plan de mantenimiento a otro equipo que está en el final de su vida útil.

Aun con las limitaciones encontradas en la investigación, podemos constatar que en los últimos años hay una creciente tendencia en las publicaciones relacionadas al mantenimiento centrado en confiabilidad, aumentando con ello las implementaciones y de esta manera aumentando la disponibilidad de los equipos e instalaciones y llevando a la empresa a una competitividad de clase mundial.

## REFERENCIAS

- Díaz-Concepción, Armando, y Villar-Ledo, Leisis, y Cabrera-Gómez, Jesús, y Gil-Henríquez, Antonio Salvador, y Mata-Alonzo, Rafael, y Rodríguez Piñeiro, Alberto J. (2016). *Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica*. Ingeniería Mecánica, 19 (3), 137-142. [Fecha de consulta 19 de mayo de 2020]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225147535003>
- Herrera-Galán, Michael y Duany-Alfonzo, Yoenia (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. Ingeniería Industrial, XXXVII (1), 2-13. [Fecha de consulta 22 de mayo de 2020]. ISSN: 0258-5960. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3604/360443665001>
- Hung, Alberto J. (2009). *Mantenimiento centrado en confiabilidad confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC*. Ingeniería Energética, XXX (2), 13-19. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2020]. ISSN:. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127741002>
- De la Cruz-aragoneses, María de Lourdes, y Nápoles-García, Martha, y González-Suárez, Erenio, y Morales-Hernández, Yanilka, y Morales-Zamora, Marlén (2017). *Procedimiento basado en el modelo conceptual del mantenimiento centrado en la fiabilidad para la reconversión de la industria azucarera en el contexto cubano*. Tecnología Química, XXXVII (1), 77-92. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2020]. ISSN: 0041-8420. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445552837007>
- Ortiz Useche, Alexis y Rodríguez Monroy, Carlos e Izquierdo, Henry (2013). *Gestión de mantenimiento en pymes industriales*. Revista Venezolana de Gerencia, 18 (61), 86-104. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2020]. ISSN: 1315-9984. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29026161004>

- Torres-Valle, Antonio (2012). *Rol del fallo mecánico en la optimización del mantenimiento en una central nuclear*. Ingeniería Mecánica, 15 (2), 105-114. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2020]. ISSN:. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225123822003>
- Carrasco, f. j. c. (2016). características de los sistemas tpm y rcm en la ingeniería del mantenimiento. 3c tecnología, 5(3), disponible en: <http://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/318>
- Díaz-Concepción, Armando, y Pérez-Rodríguez, Frank, y del Castillo-Serpa, Alfredo, y Brito-Vallina, María Lucía (2012). *Propuesta de modelo para el análisis de crítica en plantas de productos biológicos*. Ingeniería Mecánica, 15 (1), 34-43. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2020]. ISSN:. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225123826004>
- García Monsalve, Germán y González S, Hugo y Cortés M, Elkin (2009). METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CON POSIBLE APLICACIÓN EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 4 (2), 137-150. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2020]. ISSN:. Disponible en : <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321428102014>
- Berger Vidal, Esther y Núñez Ramírez, Luis Miguel y Yarín Achachagua, Anwar Julio (2014). *Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la crítica*. Datos industriales, 17 (1), 56-64. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2020]. ISSN: 1560-9146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=81640855008>
- Campos-López, Omar, y Tolentino-Eslava, Guilibaldo, y Toledo-Velázquez, Miguel, y Tolentino-Eslava, René (2019). *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), taxonomía de equipos, base de datos y crítica de efectos*. Científica, 23 (1), 51-59. [Fecha de consulta 21 de mayo de 2020]. ISSN: 1665-0654. Disponible en: <http://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/index.html>
- Díaz-Concepción, Armando, y Villar-Ledo, Leisis, y Cabrera-Gómez, Jesús, y Gil-Henríquez, Antonio Salvador, y Mata-Alonzo, Rafael, y Rodríguez Piñeiro, Alberto J. (2016).



*Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. Ingeniería Mecánica*, 19 (3), 137-142. [Fecha de consulta 21 de mayo de 2020]. ISSN:. Disponible en: <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=225147535003>

Restrepo estrada, maría isabel y arango aramburo, santiago y vélez álvarez, luis guillermo (2012). *la confiabilidad en los sistemas eléctricos competitivos y el modelo colombiano de cargo por confiabilidad. cuadernos de economía*, xxxi (56), 199-222. [fecha de consulta 21 de mayo de 2020]. issn: 0121-4772. disponible en: <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=282124593008>

Cordero, oscar, & estupiñan, edgar. (2018). *propuesta de optimización del mantenimiento de planta minera de cobre ministro hales, mediante análisis de confiabilidad, utilizando la metodología FMECA. investigación & desarrollo*, 18(1), 129-142. recuperado en 21 de mayo de 2020, disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312018000100011](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312018000100011)

Viveros, Pablo, Stegmaier, Raúl, Kristjanpoller, Fredy, Barbera, Luis, & Crespo, Adolfo. (2013). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138. Disponible en : [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052013000100011](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011)

Gasca, Maira C, Camargo, Luis L, & Medina, Byron. (2017). *Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. Información tecnológica*, 28(4), 111-124. Disponible en : [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642017000400014&lang=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000400014&lang=es)

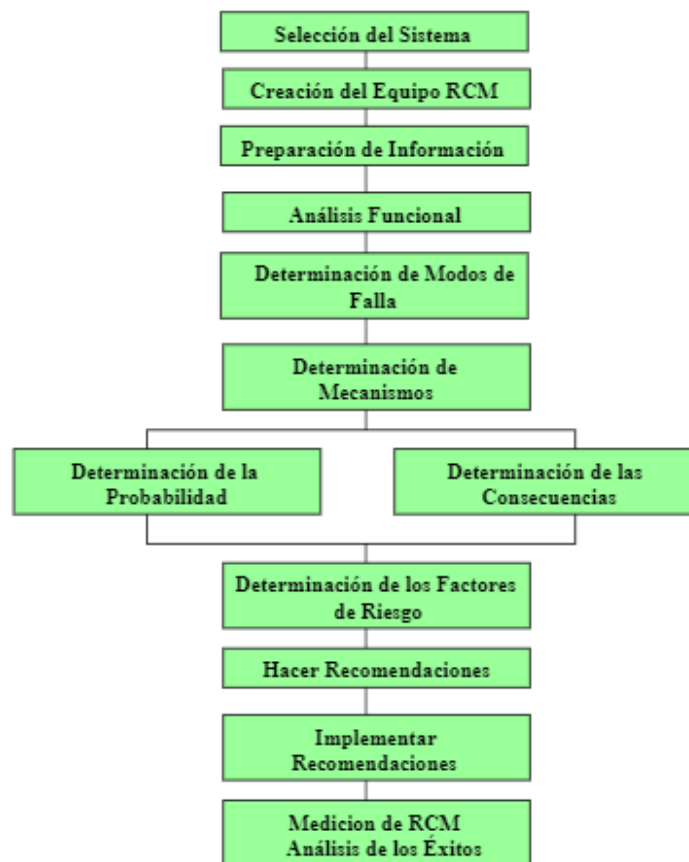
Urrutia, Gerard, & Bonfill, Xavier. (2014). *Revisiones sistemáticas: una herramienta clave para la toma de decisiones clínicas y sanitarias. Revista Española de Salud Pública*, 88(1), 1-3. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272014000100001&lang=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272014000100001&lang=pt)

- Ramírez-Márquez, M. M., Viscaino-Valencia, P. R., & Mera-Mosquera, A. R. (2018). *Evaluación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*. Polo del Conocimiento, 3(3). Disponible en : <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v3i3.635>
- Bárzaga-Quesada, J., Morales-Leslie, J., Beltrán-Reyna, R., & Mena, E. (2016). *Evaluación del comportamiento de los motores pertenecientes a una planta eléctrica mediante los indicadores de mantenimiento*. UTCiencia. Ciencia y tecnología al servicio del pueblo, 3(3). Disponible en : <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/56>
- Silva, L. C. A., & Guijarro, E. G. L. (2017). *Propuesta de metodología para gestión de mantenimiento de equipos y sistemas de uso médico*. Revista Publicando, 4(10-2),. Disponible en : <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/482>
- Guevara, W., Valera Cárdenas, A., & Gómez Camperos, J. A. (2015). *Metodología para evaluar el factor confiabilidad en la gestión de proyectos de diseño de equipos industriales*. Revista Tecnura, 19, 129-141. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a11. Disponible en : <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/issue/view/650>
- David Jesús Barros Chaparro, Guillermo Valencia Ochoa, Lisandro Vargas Henríquez (2014). *Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo*. Scientia et Technica, 19, 200-208. ISSN 0122-1701. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4847373>
- Jurgen Stick Blanco Cáceres, Oscar Manuel Duque Suárez (2018). *Ingeniería de mantenimiento basado en la confiabilidad a los equipos altamente críticos de la empresa comercializadora LICRATEX C. A. Mundo FESC*, ISSN-e 2216-0388, ISSN 2216-0353, Vol. 8, N°. 15, 2018, págs. 41-48 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6638700>

## ANEXOS

**Fuente: presentación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en planta  
de alimentos  
ing. William m. murillo**

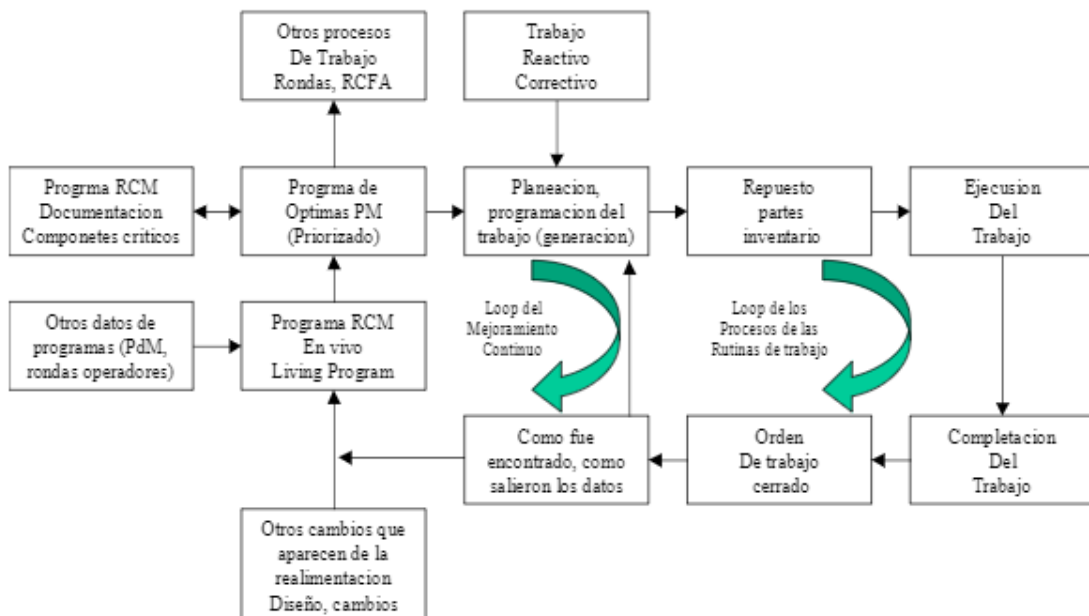
### PROCESO RCM:



**Figura 1** Proceso RCM

**Fuente: presentación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en planta  
de alimentos**  
ing. William m. murillo

## PROCESO DE TRABAJO CONTINUO DEL RCM



**Fuente: Alberto Magnus instituto internacional**

## ***DISPONIBILIDAD***

*La disponibilidad esta definida por la siguiente  
formula:*

$$*Disponibilidad estándar = (TT - MT) / TT*$$

**Donde : TT = Tiempo Total**

**MT = Tiempo de Mantenimiento**