



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“ANÁLISIS DE EXPERIENCIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN LA METODOLOGÍA RCM EN LA INDUSTRIA EN LOS ÚLTIMOS 14 AÑOS”. Revisión sistemática.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

**Autor:**

Emerson Luis Campos Macedo

**Asesor:**

Mg. Lupe Yovani Gallardo Pastor

Lima - Perú

2019

## **DEDICATORIA**

“Para mis hijos, que son mi fuerza y mi fortaleza, los que me inspiran a seguir superándome cada día.”

## AGRADECIMIENTO

A mi querida familia, por brindarme la paciencia y el amor necesario para seguir  
adelante.”

## 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>6</b>
<b>CAPÍTULO I .INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Recursos de información y descripción de las bases usadas .....</b>	<b>10</b>
2.1.1 Descripción de las bases de datos .....	10
<b>2.2 Diseño de la búsqueda de información .....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Pregunta de Investigación .....	11
2.2.2 Criterio de búsqueda.....	12
<b>2.3 Criterios de inclusión y exclusión .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3.1 Criterio de inclusión.....</b>	<b>12</b>
2.3.2 Criterios de exclusión.....	13
<b>2.4 Selección de datos .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Proceso de selección de estudios.....</b>	<b>24</b>
3.1.1 Control de calidad de estudios primarios.....	24
<b>3.2 Características de los estudios .....</b>	<b>26</b>
3.2.1 Publicaciones por año .....	26
3.2.2 Porcentaje de industrias .....	27
3.2.3 Publicaciones por país .....	28
3.2.4 Porcentaje de implementación de planes de mantenimiento .....	29
<b>3.3 Análisis global de los estudios. ....</b>	<b>30</b>
3.3.1 Análisis Cuantitativo y cualitativo .....	30

<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>38</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas de Investigación e Interés en base a la pregunta de investigación .....	11
Tabla 2. Criterio de búsqueda y selección .....	12
Tabla 3. Selección de Datos por Artículos Científicos de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM.....	15
Tabla 4. Selección de Datos por Tesis de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM.....	17
Tabla 5. Resultado de Búsqueda de Artículos Científicos .....	24
Tabla 6. Resultado del Proceso de Selección por Fases .....	25
Tabla 7. Aumento en la disponibilidad y ahorro por la implementación de planes de mantenimiento bajo la metodología RCM descritas en las tesis.....	31
Tabla 8. Software de mantenimiento presentado en las tesis para la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de selección de datos. Fuente: Elaboración Propia .....	13
Figura 2. Publicaciones por Año de los Artículos de Revisión Sistemática. Fuente: Elaboración Propia.....	26
Figura 3. Publicación de Tesis vs Revistas científicas por año. Fuente: Elaboración Propia ..	27
Figura 4. Porcentaje por Industrias que Implementaron la Metodología RCM. Fuente: Elaboración propia.....	28
Figura 5. Porcentaje de Publicaciones de Artículos y Tesis por País. Fuente: Elaboración Propia. ....	29
Figura 6. Porcentaje de Empresas que Implementaron un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Durante los Últimos 14 Años. Fuente: Elaboración Propia. ....	29
Figura 11. Ejemplo de la Implementación de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Hornos Convertidores Peirce Smith. Fuente (Córdova, 2005).....	34

## RESUMEN

Todas las industrias, utilizan infraestructuras y maquinarias para su funcionamiento y producción, dichas industrias requieren que sus activos físicos perduren en el tiempo ,por ello, las empresas industriales requieren que sus activos físicos sigan funcionando y sean confiables a través de un buen mantenimiento, el objetivo de esta revisión sistemática de la literatura científica es conocer y analizar las experiencias de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance) en la industria en los últimos 14 años ,para esta investigación se utilizó la metodología de revisión sistemática siendo este trabajo una revisión de la literatura terciaria, mediante esta metodología se pudo extraer información de revistas científicas y tesis a través de las bases de datos web de Redalyc, EBSCO y Scielo en base a la pregunta y objetivo de investigación, el cual se observó en el resultado de la investigación en contexto general se extrajeron 43 revistas y tesis lo suficiente para conocer y analizar las experiencias de la implementación de planes de mantenimiento encontrando que el común denominador fueron las experiencias de mejoras en la disponibilidad de los equipos y el ahorro en mantenimiento por la disminución de paros no programados en todos los contextos de las industrias como también las tendencias del uso de herramientas tecnológicas para el ingreso de planes de mantenimiento y su ejecución.

**PALABRAS CLAVES:** Industria, mantenimiento, plan de mantenimiento, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, RCM.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Toda industria ya sea de extracción, como es la minería; de generación eléctrica, como son las plantas hidroeléctricas o como también las de manufactura, tales como las que fabrican productos de consumo masivo o bienes terminados, utilizan infraestructuras y maquinarias para su funcionamiento y producción, dichas infraestructura y maquinarias tiene un tiempo de vida determinada, no obstante las empresas requieren que sus activos físicos perduren en el tiempo, como también refiere Hung (2009) que la aparición de averías y fallas en los equipos de dichas instalaciones industriales constituyen una de las principales factores de baja eficiencia, por ello las empresas industriales requieren que sus activos físicos sigan funcionando a través de un buen mantenimiento.

En consecuencia a lo descrito, Hung (2009) menciona que, el mantenimiento es un conjunto de operaciones orientadas a preservar o poner en funcionamiento un sistema, maquina o equipo, a su estado normal de operación, por lo tanto, Mora (2009) afirma que la principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad y el buen estado de los activos físicos durante el transcurso de su operatividad, por lo tanto existen varios métodos orientados a implementar un plan de mantenimiento, como son los planes de mantenimiento basado en instrucciones del fabricante, planes de mantenimiento basado en protocolos genéricos, ambos métodos, tienen un defecto, no priorizan los equipos con los cuales se tendrán más fallas potenciales ni tampoco se focalizan en evitar averías.

Bajo esta premisa, según Mora (2009) los gerentes de mantenimiento lo que buscan es implementar un plan de mantenimiento acorde a una determinada metodología, con el fin de evaluar la mejor estrategia que satisfaga sus necesidades.

Una de las mejores metodologías para la implementación de un plan de mantenimiento que se enfoque en analizar la funcionalidad de las instalaciones, maquinarias y equipos, como

basados en la metodología RCM en la industria en los últimos 14 años: Revisión sistemática. también determinar sus fallos potenciales y así mitigarlos, es la implementación de un plan de mantenimiento Centrado en Confiabilidad bajo la metodología MCC o RCM en sus siglas en inglés (Reliability Centered Maintenance).

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad según Díaz et al.(2016) es una metodología de análisis sistemático aplicado a todo tipo de instalaciones industriales, la cual es muy útil para la implementar y mejorar los planes de mantenimiento, también refiere (Torres et al. 2010) que el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad determina dentro de su metodología a los equipos críticos, aplicando técnicas de análisis de causa de fallos, la cual se priorizan en base a la herramienta de Pareto.

Así mismo Quinteros et al.(2009) refiere que el principio de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es enfocar un plan de mantenimiento a aquellos equipos donde las consecuencia de las fallas son críticas, por tal motivo se debe de hacer un estudio minucioso de las funciones de los equipos, de sus fallas , de sus modos de falla y las consecuencias de dichas fallas, para así lograr y concretar las instrucciones necesarias para elaborar e implementar un exitoso plan de mantenimiento basado en confiabilidad.

Ante lo expuesto, se realizó la presente investigación a fin de responder a la pregunta de investigación ¿Qué se conoce acerca de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM, en la Industria en los últimos 14 años?, esta investigación está orientada a determinar que tanto las empresas Industriales, han optado por implementar sus planes de mantenimiento mediante esta metodología RCM y que resultados han obtenido.

Por tanto, el objetivo de estudio es analizar experiencias de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM en la industria, en los últimos 14 años.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La metodología usada para este proceso de investigación es una revisión sistemática de la literatura científica, la cual Kitchenham et al. (2009) afirma que, la revisión sistemática es igual a una investigación científica, basado en la búsqueda rigurosa de la información de estudios originales, tomadas como fuentes primarias bajo la pregunta de investigación. Además (Kitchenham et al, 2009) nos dice que el objetivo principal es valorar la literatura científica, por tanto, las revisiones se conocen como estudios secundarios, por lo tanto este estudio se convierte en una revisión de la literatura terciaria.

### **2.1 Recursos de información y descripción de las bases usadas**

El método de búsqueda usado fue vía web, se usó la base de datos de bibliotecas virtuales como Scielo, EBSCO y Redalyc las cuales tienen un compendio de revistas científicas; también se tomó repositorios de diferentes universidades para la verificación de revisiones sistemáticas, así mismo se utilizó protocolos para la búsqueda más específicas en base a operadores booleanos OR y AND.

#### **2.1.1 Descripción de las bases de datos**

##### ***2.1.1.1 Scielo (Scientific Electronic Library Online o Biblioteca Científica Electrónica en Línea):***

Biblioteca electrónica, fundada por el Centro latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias de la Salud y de la Fundación para el Apoyo a la Investigación del Estado de Sao Paulo, Brasil, fue puesto en funcionamiento y evaluado por un año, entre 1997 y 1998, desde junio 1998 trabaja regularmente con una creciente oferta de revistas.

Dicha biblioteca se soporta mediante una plataforma de software, permitiendo la publicación de ediciones completas de revistas científicas, estas publicaciones se pueden acceder por medio de un motor de búsqueda, las cuales se pueden ubicar por título/autor; título/materia, etc (De Brito, 2001).

### **2.1.1.2 Redalyc (*Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*):**

Plataforma web de acceso abierto impulsado por la Universidad Autónoma de México, para la difusión de ediciones de contenido científico en Iberoamérica, desde el 2003.

En base a la definición de la Budapest Open Access Initiative (BOAI-2001), los usuarios pueden realizar todo tipo de revisiones y descargas. Redalyc (2017).

### **2.1.1.3 EBSCOhost (*acrónimo de EBSCO: Elton B. Stephens Company*)**

Propiedad de EBSCO Publishing subsidiaria de EBSCO Industries, EBSCOhost es una base de datos web de publicación científica de acceso abierto, la cual suministra texto completo o resúmenes de la publicación de artículos científicos, a través de esta plataforma también es posible acceder a otras bases de datos públicas y/o privadas.

A través de la página web es posible delimitar o expandir el criterio de búsqueda, esto para la ayuda del investigador González y Pérez (2007).

## **2.2 Diseño de la búsqueda de información**

### **2.2.1 Pregunta de Investigación**

Dado la necesidad de conocer de manera clara los resultados de nuestra búsqueda de información mediante revisiones sistemáticas y en base a nuestra pregunta y objetivo de investigación, se buscó establecer primero: plantear la pregunta de investigación, para definir la búsqueda de la literatura científica consecuentemente con la línea temporal de investigación y el idioma.

**Tabla 1**
*Preguntas de Investigación e Interés en base a la pregunta de investigación*

<b>Pregunta de investigación</b>	<b>Interés de la investigación</b>	
Pregunta y objetivo principal	¿Qué se conoce acerca de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM, en la industria en los últimos 14 años?	Analizar experiencias de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM, en la industria en los últimos 14 años.
Pregunta específicas y objetivos específicos 1	¿Qué beneficios se encontraron al implementar un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM, en la industria en los últimos 14 años ?	Conocer los beneficios de implementar un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM
Pregunta específicas y objetivos específicos 2	¿Qué Herramientas tecnológicas se encontraron para la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM?	Identificar que herramientas tecnológicas se usaron del análisis de las experiencias de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM

Fuente: Elaboración Propia

**2.2.2 Criterio de búsqueda.**

En segundo lugar se dispone de unos criterios de búsqueda, los cuales serán por tipo de documento, base de datos, autores, título, año de publicación, la fuente del título, tipo de industria y el país.

A continuación se explica mediante la tabla 2 como se elaboró el criterio de búsqueda.

**Tabla 2**
*Criterio de búsqueda y selección*

<b>Tipo de documento</b>	<b>Base de datos</b>	<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Año</b>	<b>Fuente de título</b>	<b>Tipo de industria</b>	<b>País</b>
--------------------------	----------------------	----------------	---------------	------------	-------------------------	--------------------------	-------------

Fuente: Elaboración Propia

**2.3 Criterios de inclusión y exclusión**
**2.3.1 Criterio de inclusión.**

Se incluyen los artículos de investigación, informes, artículos en revistas y tesis de grado entre los años 2005 al 2019, también se incluyen las revisiones sistemáticas que se ajusten con

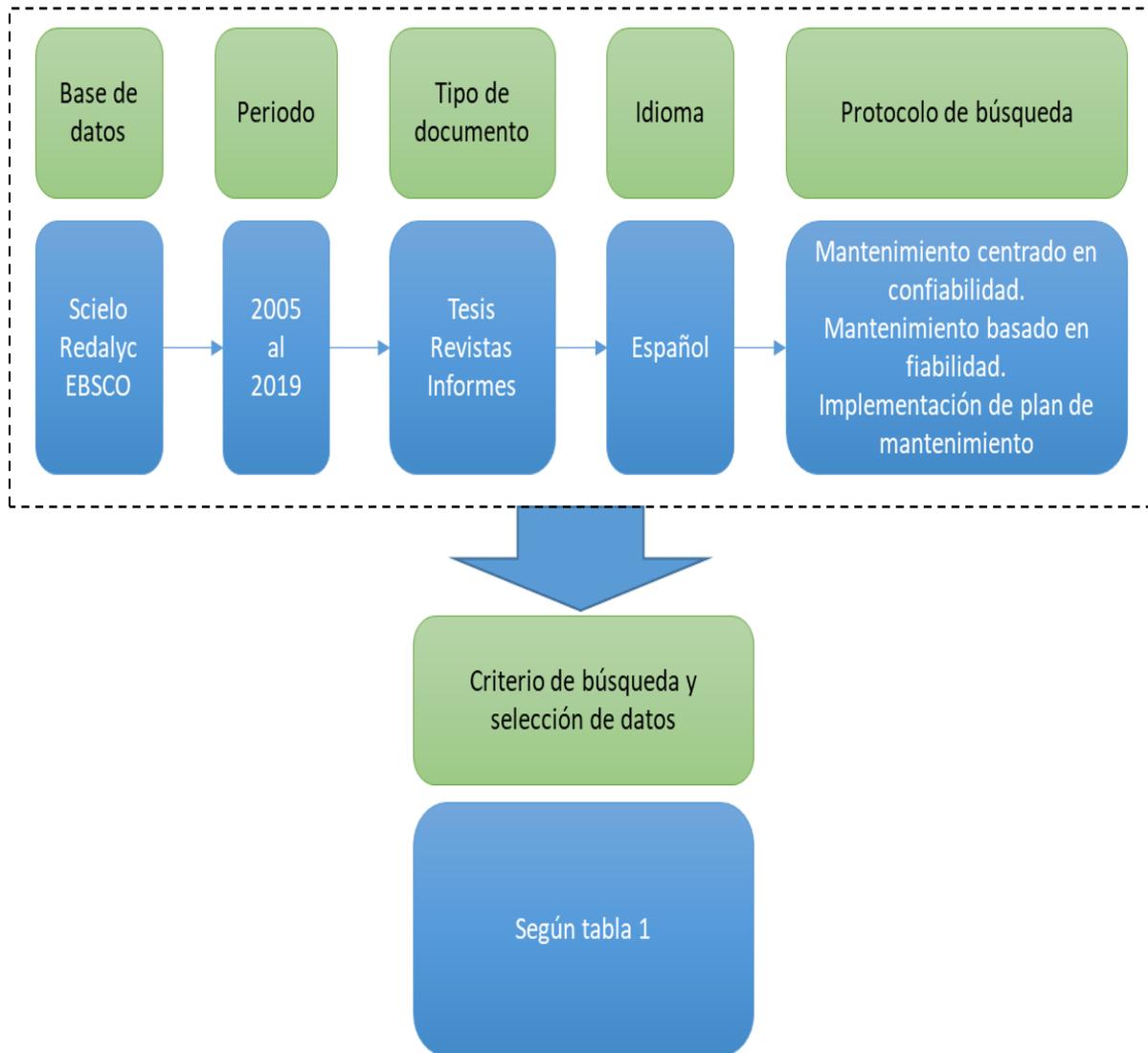
basados en la metodología RCM en la industria en los últimos 14 años: Revisión sistemática. la pregunta de investigación y el objetivo de investigación, así mismo se incluyen todas las industrias para las referencias bibliográficas.

### **2.3.2 Criterios de exclusión.**

Se excluyen los artículos de investigación, informes, artículos en revistas y tesis de grado que no tengan las referencias bibliográficas, los enlaces para su revisión, que no describa el procedimiento de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad MCC.

### **2.4 Selección de datos**

Se presenta la estrategia de búsqueda utilizada, de tal forma que se pueda replicar en estudios previos. Según la figura 1 y también como refiere en el criterio de búsqueda, tabla 1



**Figura 1. Proceso de selección de datos. Fuente: Elaboración Propia**

En base al criterio de búsqueda y selección de datos, se extrajo la siguiente tabla, partiendo de datos por tesis y datos por revistas científicas como se muestra en la tabla 3 y 4.

Tabla 3

*Selección de Datos por Artículos Científicos de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Tipo de documento	Base de datos	Autores	Título	Año	Fuente de título	Tipo de industria	País
Artículo	Ebsco	Quinteros; Razzo; Solorzano, M.; Rubio, G.	Análisis y diseño de un modelo experimental de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el sector industrial	2009	Revista tecnológica	Manufactura	Ecuador
Artículo	Ebsco	Uzcátegui-Gutiérrez, Jessica Yajaira; Varela-Cárdenas, Andrónico; Díaz-García, Juan Isidro; Universidad Fransisco de Paula Santander	Aplicación de herramientas de clase mundial para la gestión de mantenimiento en empresas cementeras basado en la metodología MCC	2016	Revista Respuestas	Manufactura	Colombia
Artículo	Redalyc	Jaime a. Gutiérrez gallego ; juan j. mora-Flórez ; Sandra m. Pérez Londoño	Desarrollo de una estrategia de mantenimiento basada en RCM para líneas de transmisión de 115kV	2009	Scientia Et Technica	Generación eléctrica	Colombia
Artículo	Scielo	Armando Díaz-Concepción ; Leisis Villar-Ledo ; Jesús Cabrera-Gómez ; Antonio Salvador Gil-Henríquez ; Rafael Mata-Alonzo ; Alberto J. Rodríguez Piñeiro	Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de trasmisión eléctrica	2016	Ingeniería Mecánica	Generación eléctrica	Cuba
Artículo	Ebsco	Llamba Farinango, Willian Santiago	Artículo Científico - Elaboración del Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) de la Central Hidráulica Illuchi N° 2.	2014	ELECTROMECAÁNICA / LATA CUNGA / ESPE / 2014, 2014.	Generación eléctrica	Ecuador

## Continuación

### *Selección de Datos por Artículos Científicos de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Tipo de documento	Base de datos	Autores	Título	Año	Fuente de título	Tipo de industria	País
Artículo	Ebsco	Zambrano, A.; Zambrano, J.; Fumo, Nelson	Metodología para la Aplicación de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad con Criterios de Administración de Energía en Equipos de Aire Acondicionado Tipo Compacto	2012	Mechanical Engineering Faculty Publications and Presentations	Minería	Texas
Artículo	Scielo	Torres Valle, Antonio; Perdomo Ojeda, Manuel; Fornero, Damian; Corcuera, Roberto	Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la Central Nuclear de Embalse	2010	Nucleus	Generación eléctrica	Cuba
Artículo	Redalyc	Jesús Cabrera - Gómez ; Henry Araque - Rivas	Mejoras al programa de mantenimiento de máquinas desdobladora para la extracción de aceite de palma	2010	Ingeniería Mecánica	Manufactura	Cuba
Artículo	Redalyc	David Jesús Barros Chaparro ; Guillermo Valencia Ochoa ; Lisandro Vargas Henríquez	Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo	2014	Scientia et Technica	Manufactura	Colombia
Artículo	Ebsco	Berger Vidal, Esther; Yarin Achachahua, Anwar Julio; Velásquez Pino, Carmela; Gambine Lopez, Ines; De la Cruz Cuadros, Lucy; Nuñez Ramirez, Luis Miguel; Gálvez Pérez, Rodolfo José; Gálvez Pérez, Humberto; Vicerrectorado de Investigación	Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera	2016	PESQUIMAT, Revista de la F.C.M. de La Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Pesquera	Perú

**Tabla 4**

*Selección de Datos por Tesis de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Tipo de documento	Base de datos	Autores	Título	Año	Fuente de título	Tipo de industria	País
Tesis	Ebsco	Mora-Zúñiga, Omar Steve	Rediseño completo, cálculo de materiales y costos del sistema de distribución de aire comprimido de la planta ; Creación de una plataforma para la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM, a los equipos que se definan como críticos, de la planta de Irex	2006	Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Electromecánica	Manufactura	Costa rica
Tesis	Ebsco	Callalli Apaza, Nick Kevin	Implementación de un plan integral para la gestión del mantenimiento de una línea de producción de resina RPET	2017	Universidad Tecnológica del Perú ; Repositorio Institucional-UTP	Manufactura	Perú
Tesis	Ebsco	Huanes Carranza, Yoshi Jonathan; Azabache Vásquez, Eduardo Fausto	Metodología para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en sistemas de bombeo de aguas subterráneas de agroindustrial Danper S.A.C.	2019	Universidad Nacional de Trujillo ; Repositorio institucional - UNITRU	Manufactura	Perú
Tesis	Ebsco	Coz Gonzáles, Guillermo César; Vera Ermitaño, Jorge	Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar el mantenimiento del equipo de virado de red en embarcaciones pesqueras	2013	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Pesquera	Perú
Tesis	Ebsco	Rivera Torpoco, Jimmy Marcos; Bautista Ríos, Juan Pablo	Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a los elementos de maniobra de una subestación de potencia	2009	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Manufactura	Perú

Continuación

*Selección de Datos por Tesis de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Tipo de documento	Base de datos	Autores	Título	Año	Fuente de título	Tipo de industria	País
Tesis	Ebsco	Díaz Jáuregui, Milton César; Ríos Galdo, Rubén Darío	Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a una máquina extrusora de Masterbatch	2009	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Manufactura	Perú
Tesis	Ebsco	García Ortiz, Javier Even; Goyzueta Meiggs, Telmo Hermilio	Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la línea de traficación Niehoff M-85 en Tecnofil S.A.	2006	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Manufactura	Perú
Tesis	Ebsco	Pajares Moreno, Yak Frank; Azabache Vásquez, Eduardo Fausto	Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de escaldado, envasado y sellado de quinua-salsas de la planta n° 09 de Danper Trujillo S.A.C	2019	Universidad Nacional de Trujillo ; Repositorio institucional - UNITRU	Manufactura	Perú
Tesis	Ebsco	Zavala Gaibor, Marcos Antonio; Zabala Morocho, Washington; Santillán Gallegos, Marco; Freire Miranda, Jorge	Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P-300 de las granjas avícolas de la Empresa Procesadora Nacional de alimentos Zona Bucay.	2017	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Manufactura	Ecuador
Tesis	Ebsco	Alfaro Solís, Rene	Implementación De Un Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (RCM) Para Planta Golosinas Nestlé Perú	2016	Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur ; Repositorio Institucional - UNTELS	Manufactura	Perú

Continuación

*Selección de Datos por Tesis de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Tipo de documento	Base de datos	Autores	Título	Año	Fuente de título	Tipo de industria	País
Tesis	Ebsco	Cano Velásquez, Starling Ely	Implementación de un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad para la maquinaria flexográfica y litográfica de la empresa Central de Empaques, S. A.	2017	Universidad de San Carlos de Guatemala	Manufactura	Guatemala
Tesis	Ebsco	Moreno Aguirre, Edwin Michael; Azabache Vásquez, Eduardo Fausto	Diseño De Un Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (MCC) Al Compresor Estacionario De Tornillo De Una Etapa De La Empresa Metalmecánica Fameca S.A.C	2017	Universidad Nacional de Trujillo ; Repositorio institucional - UNITRU	Metal mecánica	Perú
Tesis	Ebsco	Calderón Rodríguez, Eder Eduardo; Azabache Vásquez, Eduardo Fausto	Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de extracción trapiche de la empresa Casa Grande s.a.a.	2016	Universidad Nacional de Trujillo ; Repositorio institucional - UNITRU	Manufactura	Perú
Tesis	Ebsco	Villar Albino, Carlos Wilson	Plan para la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en una máquina inyectora de preformas marca Husky	2016	Universidad Tecnológica del Perú ; Repositorio Institucional - UTP	Plástico	Perú
Tesis	Ebsco	Suárez Román, Óscar Felipe; Mora Gutiérrez, Luis Alberto	Extrusora de mallas Corelco y su táctica de confiabilidad	2018	Universidad EAFIT, Maestría en Ingeniería, Escuela de Ingeniería	Manufactura	Colombia

Continuación

*Selección de Datos por Tesis de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Tipo de documento	Base de datos	Autores	Título	Año	Fuente de título	Tipo de industria	País
Tesis	Ebsco	López Morales, Luis Enrique	Aplicación de la metodología RCM en colectores de polvo en una Empresa Cementera para mejorar su confiabilidad	2018	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Manufactura	Perú
Tesis	Ebsco	Pedraza Acuña, Oscar Javier; Piscocoya Silva, Ulises	Implementación de un plan integral de mantenimiento, basado en la metodología de la confiabilidad, para el área de acero dimensionado de la Corporación Aceros Arequipa S.A. (Tesis parcial)	2018	Universidad Privada del Norte ; Tesis digitales - UPNorte	Manufactura	Perú
Tesis	Ebsco	Guimac Montero, Edgar; Rojas Miranda, Luis	Implementación del Programa de Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica de Cahua aplicando la filosofía de mantenimiento RCM (Reliability Centered Maintenance)	2007	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Generación eléctrica	Perú
Tesis	Ebsco	Torres Huamaní, Miguel Ángel	Implementación de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en Reductores del Sistema Conveyor de la Empresa Shougang Hierro Perú S.A.A.	2017	Universidad Católica de Santa María - UCSM ; Repositorio de la Universidad Católica de Santa María	Fundición	Perú
Tesis	Ebsco	Guevara Ávalos, Edgar Patricio; Novillo Andrade, Geovanny; Álvarez Pacheco, Carlos; Haro Medina, Marco	Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a los grupos electrógenos de la estación Tapir A del bloque 17 PetroOriental.	2016	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Petróleo y derivados	Ecuador

Continuación

*Selección de Datos por Tesis de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Tipo de documento	Base de datos	Autores	Título	Año	Fuente de título	Tipo de industria	País
Tesis	Ebsco	Palomares Quintanilla, Elvis David; Ortiz Álvarez, Víctor	Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral de la compañía minera Milpo, unidad El Porvenir	2015	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio institucional – UNI	Minería	Perú
Tesis	Ebsco	Córdova Morales, Carlos Roberto	Implantación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM a los hornos convertidores Peirce Smith de la fundición de cobre de Southern Perú Copper Corporation	2005	Universidad Nacional de Ingeniería	Fundición	Perú
Tesis	Ebsco	Tocoche Pardo, Yasmin Shirley; Moncayo González, Lina Marcela; Pérez Vergara, Ileana Gloria	Diseño de un procedimiento general para el mejoramiento de un plan de mantenimiento. Caso estudio. empacadora tiromat va 430 de la línea de chorizo	2013	Biblioteca USB, Cali. T658.503 T631d CD-ROM ; Biblioteca Digital Universidad de San Buenaventura ; Universidad de San Buenaventura - Cali	Manufactura	Colombia
Tesis	Ebsco	Canales Mora, Carlos Federico	Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para el departamento de patio de caña	2014	Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Electromecánica. CATSA	Azucarera	Costa rica
Tesis	Ebsco	Allcca Torres, Jorge Luis; Ponce Galiano, Jorge	Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos subterráneos en la unidad minera de Huaripampa	2013	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Minería	Perú

Continuación

*Selección de Datos por Tesis de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Tipo de documento	Base de datos	Autores	Título	Año	Fuente de título	Tipo de industria	País
Tesis	Ebsco	Rivera Chipana, Frank Jaime; Ugarte López, César	Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM2) en una planta de congelado de pescado de capacidad 520 toneladas/día	2012	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Pesquera	Perú
Tesis	Ebsco	Mostajo Fernández, José Germán; Lastra Espinoza, Luis Antonio	Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) de sistema de suministro de agua para una planta térmica con ciclo combinado	2011	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Generación eléctrica	Perú
Tesis	Ebsco	Flores Reyes, Carlos Camilo; Palma García, Modesto Tomás	Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM en grupo generador de eje horizontal de 24 MVA de una central hidroeléctrica	2010	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Generación eléctrica	Perú
Tesis	Ebsco	Carrillo Balcazar, Jorge Hubert; Carranza Arévalo, Manuel José	Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad a los servicios auxiliares en corriente alterna de una planta de ciclo combinado	2008	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Generación eléctrica	Perú
Tesis	Ebsco	Salinas García, Israel Rubén; Villanueva Uré, Reynaldo	Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad de una central hidroeléctrica de 40 MW	2010	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio Institucional - UNI	Generación eléctrica	Perú

Continuación

*Selección de Datos por Tesis de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Tipo de documento	Base de datos	Autores	Título	Año	Fuente de título	Tipo de industria	País
Tesis	Ebsco	Huatay Machuca, Nelson Ubelser; Vergara Segura, Manuel	Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para mejorar la disponibilidad del proyecto Gold Mill Upgrade en el Área De Mantenimiento Procesos de la empresa minera Yanacocha S.R.L. en el año 2014	2015	Repositorio Institucional - UAP ; Universidad Alas Peruanas (UAP)	Minería	Perú
Tesis	Ebsco	Gago Chávez, Joaquín Gustavo; Guadalupe Goñas, Edgard	Optimización del plan de mantenimiento aplicando el análisis de confiabilidad a los equipos críticos del sistema eléctrico de la oficina principal de Petroperú S.A	2017	Universidad Nacional de Ingeniería ; Repositorio institucional – UNI	Petróleo y derivados	Perú
Tesis	Ebsco	Nanfuñay Moreno, Nick Steve	Implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para el proceso de baños galvánicos de la planta de producción de joyas en la empresa Yobel SCM Costume Jewelry	2017	Universidad Tecnológica del Perú	Manufactura	Perú

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1 Proceso de selección de estudios

En base a la metodología de búsqueda, recolección y criterios de selección se ubicaron un total de 251 artículos, de los cuales se filtraron en base al criterio de inclusión y exclusión.

**Tabla 5**

*Resultado de Búsqueda de Artículos Científicos*

Base de datos	Periodo	Tipo de documento	Idioma	Protocolo de búsqueda	Total encontrados
Scielo		Tesis Libros Artículos	Español	1.-Mantenimiento centrado en confiabilidad. 2.-Mantenimiento basado en fiabilidad. 3.-Implementación de plan de mantenimiento	10
Ebsco	2005 al 2019	Artículo de investigación Informe Artículo en revista Tesis de grado	Español	1.-Mantenimiento centrado en confiabilidad. 2.-Mantenimiento basado en fiabilidad. 3.-Implementación de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad. 4.-Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad.	211
Redalyc		Artículo de investigación Informe Artículo en revista Tesis de grado	Español	"mantenimiento centrado en confiabilidad" and "mantenimiento basado en confiabilidad" and "Reliability Centred Maintenance" and "mantenimiento basado en fiabilidad" and "mantenimiento centrado en fiabilidad"	30
					251

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.1.1 Control de calidad de estudios primarios.

Se realizó un proceso de filtrado de 3 fases para la recolección de la información relevante.

- a) **Primera fase:** Se toma en cuenta el título del artículo con el objetivo de la no duplicidad, debido a que algunos estudios se encuentran duplicadas en otras bases de datos.

basados en la metodología RCM en la industria en los últimos 14 años: Revisión sistemática.

- b) **Segunda fase:** Se revisan los títulos seleccionados con el objetivo de excluir los que no se tiene afinidad con la pregunta ni objetivo de la investigación.
- c) **Tercera fase:** Se excluyen a todas las revisiones que no sean dirigidas a empresas industriales y que los enlaces a la información primaria no sea de acceso abierto.

En base toda la información revisada se obtiene un total de 43 artículos para nuestro proceso de investigación

**Tabla 6**
*Resultado del Proceso de Selección por Fases*

Base de datos	Periodo	Tipo de documento	Idioma	Protocolo de búsqueda	Total encontrado	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Scielo		Tesis Libros Artículos	Español	1.-Mantenimiento centrado en confiabilidad. 2.-Mantenimiento basado en fiabilidad. 3.-Implementación de plan de mantenimiento	10	10	8	2
Ebsco	2005 al 2019	Artículo de investigación. Informe. Artículo en revista. Tesis de grado.	Español	1.-Mantenimiento centrado en confiabilidad. 2.-Mantenimiento basado en fiabilidad. 3.-Implementación de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad. 4.-Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad.	211	83	47	38
Redalyc		Artículo de investigación. Informe. Artículo en revista. Tesis de grado.	Español	"mantenimiento centrado en confiabilidad" and "mantenimiento basado en confiabilidad" and "Reliability Centred Maintenance" and "mantenimiento basado en fiabilidad" and "mantenimiento centrado en fiabilidad"	30	12	5	3
<b>Resultados</b>					<b>251</b>	<b>105</b>	<b>60</b>	<b>43</b>

Fuente: Elaboración Propia

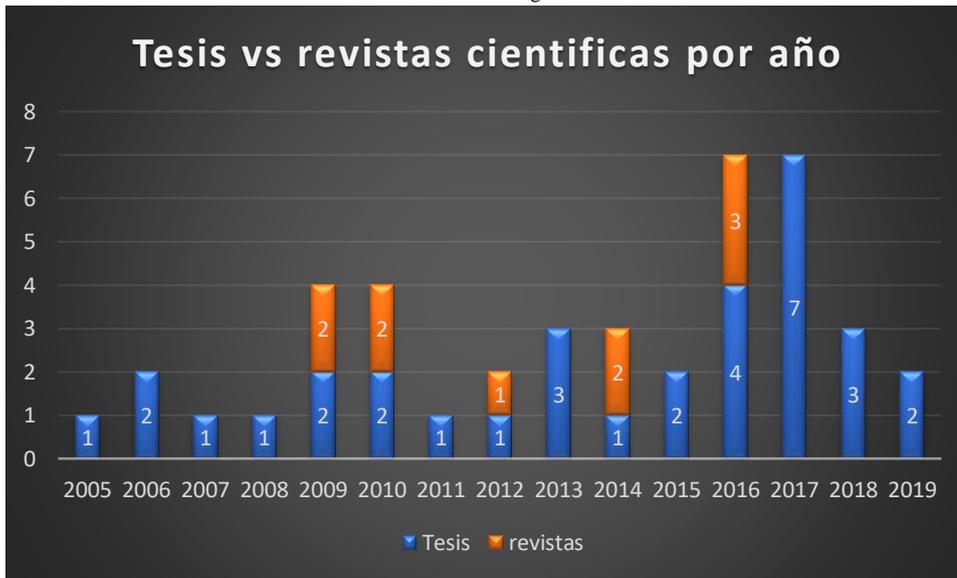
### 3.2 Características de los estudios

#### 3.2.1 Publicaciones por año de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM

Con respecto a las publicaciones por año en base a la implementación de planes de mantenimiento basados en confiabilidad, se observa un aumento de estudios en el años 2016 y 2017 con un porcentaje de 16%, con 7 publicaciones en los dos años consecutivamente como se observa en la figura 2, esto se debe a que en los años 2016 y 2017, respectivamente se han publicado más trabajos de implementación de planes en tesis de grado que de publicaciones científicas los autores del 2016 son Berger; Uzcátegui ; Díaz; Alfaro; Villar; Calderón ;Guevara (2016); autores del 2017 son Callalli; Zavala ; Cano; Moreno; Torres ;Gago ;Nanfuñay (2017) como se observa en la figura 3.



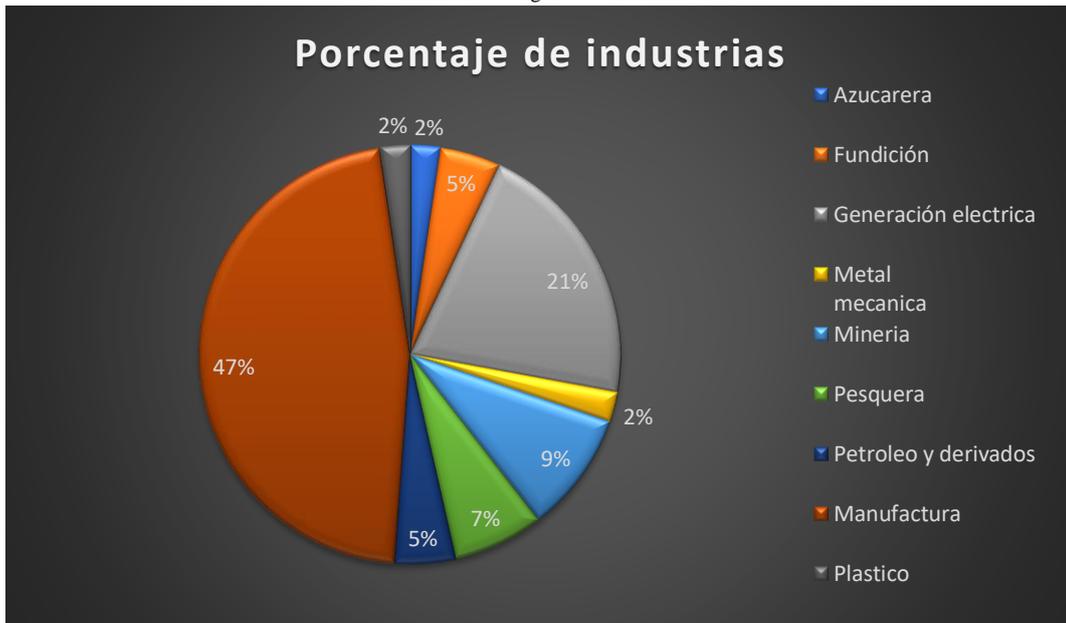
**Figura 2. Publicaciones por Año de los Artículos de Revisión Sistemática. Fuente: Elaboración Propia**



**Figura 3. Publicación de Tesis vs Revistas científicas por año. Fuente: Elaboración Propia**

### 3.2.2 Porcentaje de industrias

La implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en la industria en los últimos 14 años se concentra en la industria de manufactura con un 47 %, seguida por la industria de generación de energía eléctrica con un porcentaje de 21%, no obstante durante la revisión de pudo observar que la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad para la elaboración de planes de mantenimiento, han sido implementadas en la industria, pesquera, metalmecánica, minera, azucarera ,petróleo y derivados, fundición, durante los últimos 14 años como se observa en la figura 4.



**Figura 4. Porcentaje por Industrias donde se implementaron planes de mantenimiento basados en la metodología RCM. Fuente: Elaboración propia.**

### 3.2.3 Publicaciones por país

También se observa en el estudio de revisión sistemática, que la gran mayoría de implementaciones de planes de mantenimiento centrados en la confiabilidad proceden de Perú con un 63% incluido artículos y tesis, seguido de cuba con un 7% de igual forma, como se observa en la figura 5.

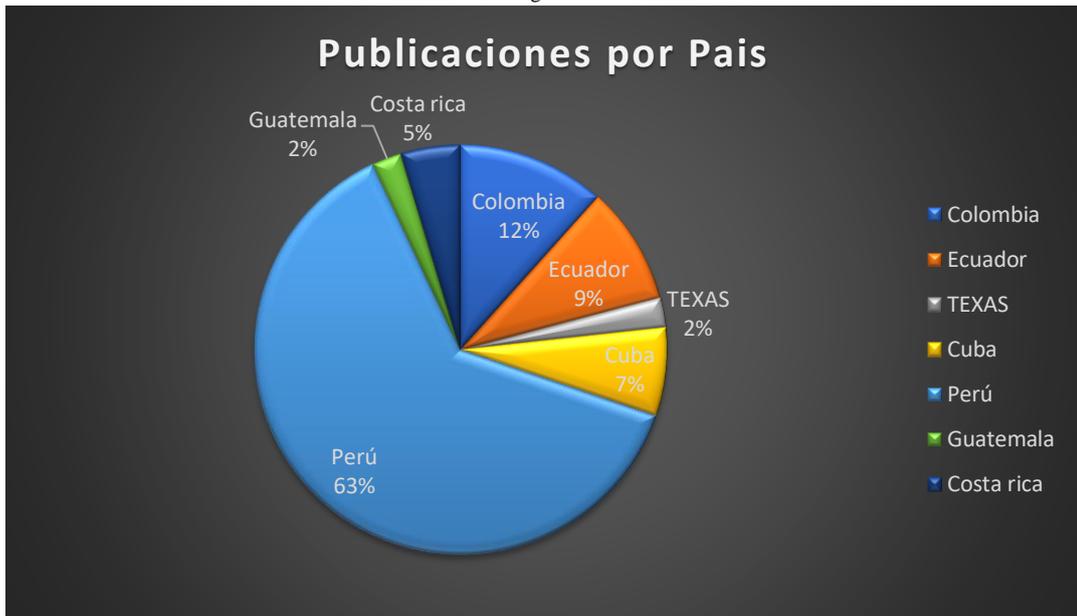


Figura 5. Porcentaje de Publicaciones de Artículos y Tesis por País. Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.4 Porcentaje de implementación de planes de mantenimiento

En base a la pregunta y el objetivo de investigación se pudo observar que de los 43 artículos y tesis el 93 % de las publicaciones han sido de implementación de planes de mantenimiento con éxito y los otros 7% han realizado un estudio cualitativo de la factibilidad de la implementación de planes en la industria.

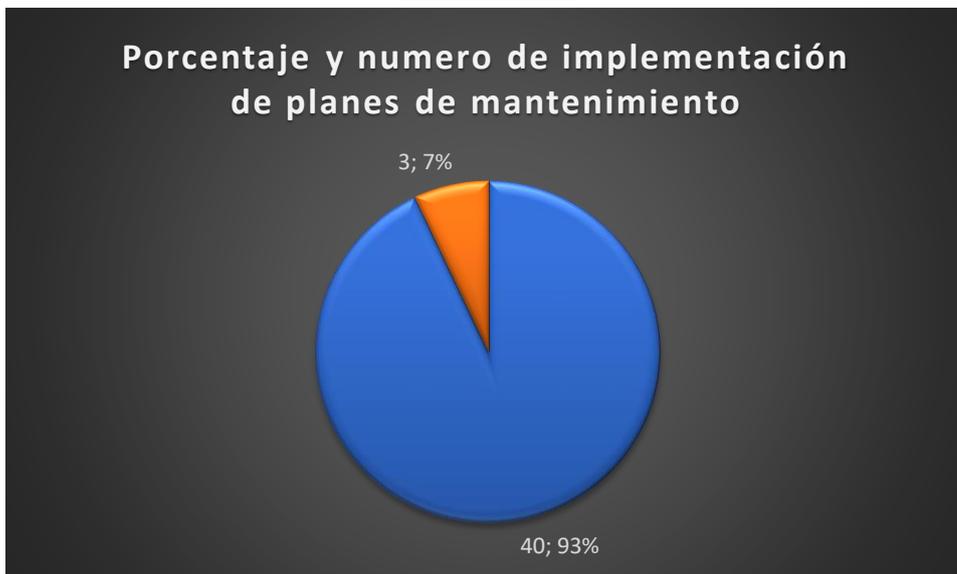


Figura 6. Porcentaje de Empresas que Implementaron un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Durante los Últimos 14 Años. Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3 Análisis global de los estudios.

#### 3.3.1 Análisis de experiencias de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM

En base a la pregunta de investigación que refiere a ¿Qué se conoce acerca de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM en la industria en los últimos 14 años?, el objetivo de estudio fue analizar experiencias y se obtuvo dos grandes rasgos.

##### *3.3.1.1 Disponibilidad de los equipos y reducción de costos de mantenimiento por disminución de mantenimientos no programados*

En las experiencias recogidas de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM durante estos últimos 14 años, se pudo analizar los beneficios de dicha implementación es el aumento de disponibilidad de los equipos y reducción de costos de mantenimiento por disminución de mantenimientos no programados. Nanfuñay (2017) refiere que, la disponibilidad señala el porcentaje de confianza de un equipo para permanecer en sus funciones operacionales en un tiempo dado, en ese sentido como afirma Coz (2013) en sus tesis “Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar el mantenimiento del equipo de virado de red en embarcaciones pesqueras” la implementación de planes de mantenimiento bajo la metodología RCM permitió tener una mayor disponibilidad de la embarcación y en consecuencia mayor productividad.

Como se observa en la tabla 7, la implementación de planes de mantenimiento bajo la metodología RCM impacta en la disponibilidad de los equipos y en consecuencia el ahorro de mantenimiento por la disminución de paros no programados, como refiere Cano (2017) en su tesis “Implementación de un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad para la maquinaria flexográfica y litográfica de la empresa Central de Empaques, S. A”.

**Tabla 7**
*Aumento en la disponibilidad y ahorro por la implementación de planes de mantenimiento bajo la metodología RCM descritas en las tesis.*

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Año</b>	<b>Tipo de industria</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Ahorro</b>
(Pajares, 2018)	Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de escaldado, envasado y sellado de quinua-salsas de la planta n° 09 de Danper Trujillo S.A.C.	2019	Manufactura	aumento 3 %	
(López, 2018)	Aplicación de la metodología RCM en colectores de polvo en una Empresa Cementera para mejorar su confiabilidad	2018	Manufactura	aumento 30 %	
(Callalli, 2017)	Implementación de un plan integral para la gestión del mantenimiento de una línea de producción de resina RPET	2017	Manufactura	aumento del 3 %	Reducción del gasto de mantenimiento en un 146 % anual
(Zavala, 2017)	Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P-300 de las granjas avícolas de la Empresa Procesadora Nacional de alimentos Zona Bucay.	2017	Manufactura	aumento del 3 %	reducción de 32% del gasto de mantenimiento
(Cano, 2017)	Implementación de un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad para la maquinaria flexográfica y litográfica de la empresa Central de Empaques, S. A.	2017	Manufactura	reducción de hasta un 94 % de tiempos fuera de servicio	reducción de 32% del gasto de mantenimiento
(Moreno, 2017)	Diseño De Un Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (MCC) Al Compresor Estacionario De Tornillo De Una Etapa De La Empresa Metalmecánica Fameca SAC	2017	Metal mecánica	aumento el 25 %	
(Nanfuñay, 2017)	Implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para el proceso de baños galvanicos de la planta de producción de joyas en la empresa Yobel SCM Costume Jewelry	2017	Manufactura		ahorro de 67% representado en dinero en \$74150.80
(Calderón, 2016)	Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de extracción trapiche de la empresa Casa Grande s.a.a.	2016	Manufactura	aumento de 8 %	
(Guevara, 2016)	Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a los grupos electrógenos de la estación Tapir A del bloque 17 Petro Oriental.	2016	Petróleo y derivados	aumento de 2.2%	
(Coz, 2013)	Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar el mantenimiento del equipo de virado de red en embarcaciones pesqueras	2013	Pesquera	aumento de un 2.75%	
(Allcca, 2013)	Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos subterráneos en la unidad minera de Huaripampa	2013	Minería	aumento de 4%	

Fuente: Elaboración Propia

### *3.3.1.2 Herramientas tecnológicas para la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

Las tendencias en software de mantenimiento que se muestran en la revisión de los 43 artículos para el ingreso de planes de mantenimiento y su gestión ,son las siguientes: Mora O. (2006) en su tesis “Rediseño completo, cálculo de materiales y costos del sistema de distribución de aire comprimido de la planta ; Creación de una plataforma para la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM, a los equipos que se definan como críticos, de la planta de Irex” incluye el este software e-main, software básico en base a sistema operativo Windows 95, por otra parte Suárez (2018) en su tesis “Extrusora de mallas Corelco y su táctica de confiabilidad” menciona el software informático IRCM (Integrated Reliability-Centered Maintenance System) el cual es una herramienta usada en los Programas de Comandos de Sistemas Navales Aéreos ( NAVAIR), así mismo Calderón, (2016) menciona en su tesis “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de extracción trapiche de la empresa Casa Grande S.A.A” utilización del software SAP PM (Plant Maintenance) Mantenimiento de planta, el cual es un sub modulo del paquete de producción ( SAP PP). A diferencia de los dos software mencionados, este software es parte de un sistema integrado o software ERP (Enterprise Resource Planning). De las 43 tesis revisadas solo se encontró 4 tesis que mencionan que tipo de software usaron para ingresar los planes de mantenimiento y ejecutarlos. Como se muestra en la tabla 8

Tabla 8

*Software de mantenimiento presentado en las tesis para la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM*

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Año</b>	<b>Tipo de industria</b>	<b>Software de mantenimiento</b>
Suárez (2018)	Extrusora de mallas Corelco y su táctica de confiabilidad	2018	Manufactura	IRCM
Zavala (2017)	Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P-300 de las granjas avícolas de la Empresa Procesadora Nacional de alimentos Zona Bucay.	2017	Manufactura	SAP PM
Calderón (2016)	Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de extracción trapiche de la empresa Casa Grande S.A.A.	2016	Manufactura	SAP PM
Mora O. ( 2006)	Rediseño completo, cálculo de materiales y costos del sistema de distribución de aire comprimido de la planta ; Creación de una plataforma para la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM, a los equipos que se definan como críticos, de la planta de Irex	2006	Manufactura	E-MAIN

Fuente: Elaboración Propia

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH													Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.						
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS VIA MIMS													Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004				
			FRECUCENCIA													PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL			
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
4.A.2.6	Banco de resistencias - Subsistema motriz	Cambio de banco de resistencias	168	15	NO CRITICO														IFTEFU	0,45	HR	2
4.A.2.5	Breaker de control - Subsistema motriz	Cambio de breiker de control	168	15	NO CRITICO														IFTEFU	1	HR	2
4.A.6.1	Caja de engranajes - Subsistema motriz	Inspección visual	168	28	NO CRITICO	X													OPERADOR	15	MIN	1
4.A.6.2	Caja de engranajes - Subsistema motriz	Alineamiento de eje	112	28	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.6.2	Caja de engranajes - Subsistema motriz	Análisis con ultrasonido de eje	112	28	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.6.3	Caja de engranajes - Subsistema motriz	Inspección con tintes penetrantes de piñones	112	28	NO CRITICO									X					IFTIPL	4	HR	2
4.A.11.1	Chumaceras - Subsistema motriz	Inspección visual	168	15	NO CRITICO					X									IFTIPL	15	MIN	1
4.A.11.2	Chumaceras - Subsistema motriz	Lubricación	224	15	NO CRITICO			X											IFTLUB	15	MIN	1
4.A.2.1	Circuito de control - Subsistema motriz	Cambio de terminales	48	15	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2
4.A.2.9 / 4.B.1.1	Contactor de aceleración del motor - Subsistema motriz	Medición del gap	168 / 147	15	NO CRITICO									X					IFTEFU	0,5	HR	2
4.A.2.8	Contactor reversible del motor - Subsistema motriz	Medición del gap	168	15	NO CRITICO									X					IFTEFU	0,5	HR	2
4.A.12.1	Cremallera de rotación - Subsistema motriz	Inspección visual	112	38	SEMI CRITICO								X						IFTIPL	0,5	HR	1
4.A.7.1	Eje Intermedio - Subsistema motriz	Alineamiento de eje	112	25	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.7.1	Eje Intermedio - Subsistema motriz	Análisis con ultrasonido de eje	112	25	NO CRITICO									X					IFTIPL	1	HR	2
4.A.9.1	Eje principal - Subsistema motriz	Alineamiento de eje	112	15	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.9.1	Eje principal - Subsistema motriz	Análisis con ultrasonido de eje	112	15	NO CRITICO									X					IFTIPL	1	HR	2

Figura 7. Ejemplo de la Implementación de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Hornos Convertidores Peirce Smith. Fuente (Córdova, 2005)

## Discusión

Durante la revisión sistemática, de los 43 artículos y en base a la pregunta de investigación se llega a observar que la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM pudo lograr mejoras en la disponibilidad de los equipos, como refiere (Pajares, 2018) en su tesis que la implementación de planes de mantenimiento basado en confiabilidad, logro que la disponibilidad de los equipos de envasado y llenado de quinua aumentaran de un 96.38% a 99.37 %, de igual forma (Callalli, 2017), en su tesis afirma que ,mediante la implementación de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad tuvo un aumento en la disponibilidad de los equipos de un 92 % a un 97% demostrando así el éxito del proyecto.

De igual forma (Zavala, 2017) en su proyecto de investigación refiere que, con la implementación de mantenimiento centrado en confiabilidad pudo reducir los costos de mantenimiento correctivo en un 32%, aumentando en un 94 % la disponibilidad de sus equipos.

En tanto la metodología MCC no solo ayuda a implementar los planes de mantenimiento sino también a mejorar los existentes, así refiere (Allcca, 2013) en su tesis de implementación del MCC en equipos subterráneos de la minera Huaripampa en el cual dichas mejoras aumentaron la disponibilidad mecánica universal (DMU) de 84.7% a 88.4%. Así mismo refiere (Guevara, 2016) que la mejora en sus planes de mantenimiento basados en la metodología MCC logro reducir paradas de sus equipos en un 31 % he incrementado la disponibilidad de sus equipos de un 93.3% a un 95%.

## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

1. La metodología RCM según Díaz et al. (2016) es una metodología de análisis sistemático aplicado a todo tipo de instalaciones industriales, la cual es muy útil para la implementación y mejorar los planes de mantenimiento centrados en confiabilidad.
2. La metodología usada para este proceso de investigación es una revisión sistemática de la literatura científica la cual (Kitchenham, y otros, 2009) afirma que, la revisión sistemática es igual a una investigación científica, basado en la búsqueda rigurosa de la información de estudios originales, tomadas como fuentes primarias bajo la pregunta de investigación.
3. Se usaron las bases de datos de bibliotecas virtuales Scielo, Redaly y EBSCO para la búsqueda de artículos científicos, revistas científicas, informes y tesis, para la revisión sistemática.
4. En base a la metodología de búsqueda, recolección y criterios de selección se ubicaron un total de 251 artículos, de los cuales se filtraron en base al criterio de inclusión y exclusión quedando 43 artículos.
5. En base a la pregunta y el objetivo de investigación se pudo observar que de los 43 artículos y tesis, el 93 % de las empresas industriales han implementado con éxito un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en los últimos 14 años.
6. Las experiencias encontradas más resaltantes en esta investigación sobre la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM en las industrias es el aumento en la disponibilidad de los equipos y en consecuencia genera mayor productividad ya que reduce las pérdidas operativas por paradas no programadas.

basados en la metodología RCM en la industria en los últimos 14 años: Revisión sistemática.

7. La tendencia en el uso de herramientas informáticas para la implementación y ejecución de planes desde lo más básico el software e-main hasta los más complejos IRCM y el software SAP PM.
8. Las limitaciones de la implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología MCC, puede fracasar si no se realiza la metodología correctamente, ni se guía bajo las normas SAE JA1011, SAE JA1012.
9. Las experiencias de implementación de planes de mantenimiento han logrado mejoras de disponibilidad y ahorro, se recomienda su implementación en todo tipo de industria.

## REFERENCIAS

- Alfaro Solis, R. (2016). Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad ( RCM ) para planta golosinas Nestlé Perú. ( *Trabajo de suficiencia profesional* ). Universidad Tecnológica del Sur, Villa el salvador.
- Allcca, J. (2013). Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos subterráneos en la unidad minera de Huaripampa. ( *Informe de competencia profesional* ). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Barros Chaparro, D. J., Valencia Ochoa, G., & Vargas Henríquez, L. (2014). Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo. *Scientia Et Technica*, 19(2), 200-208.
- Berger, E., Yarin, A., Velásquez, C., Gambini, I., De la Cruz, L., Nuñez, L., . . . Gálvez, H. (2015). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustion interna de las embarcaciones perqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera. *PESQUIMAT*, 18(2), 5-18.
- Cabrera, J., & Araque, H. (2010). Mejoras al programa de mantenimiento de máquinas deslodadoras para la extracción de aceite de. *Ingeniería Mecánica*, 13(3), 28-32.
- Calderón, E. (2016). Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la linea de extracción trapiche de la empresa Casa Grande S.A.A. ( *Tesis* ). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Callalli, N. (2017). “Implementación de un plan integral para la gestión del mantenimiento de una línea de producción de resina RPET. ( *Tesis* ). Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
- Canales, C. (2014). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para el departamento de la caña. ( *Tesis de licenciatura* ). Instituto Tecnológico de Costa Rica-Escuela de Ingeniería electromecánica, Cartago.
- Cano, S. (2017). Implementación de un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad para maquinarias flexográficas y litográficas de la empresa Central de Empaques, S.A. ( *Tesis* ). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

- Carrillo, J. (2008). Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad a los servicios auxiliares en corriente alterna de una planta de ciclo combinado. (*Informe de suficiencia*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Córdova, C. (2005). Implantación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM a los hornos convertidores Peirce Smith de la fundición de cobre de Southern Perú Copper Corporation. (*Informe de suficiencia*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Coz, G. (2013). Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar el mantenimiento del equipo de virado de red en embarcaciones pesqueras. (*Informe de competencia*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- De Brito, M. (2001). *Présentation de la bibliothèque électronique SciELO et de ses DTD*. Obtenido de Expertise de ressources pour l'édition de revues numériques: <http://revues.enssib.fr/pdf/Dtd-scielo.pdf>
- Díaz, M. (2009). Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a una máquina extrusora de masterbatch. (*Informe de suficiencia*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Díaz-Concepción, A., Villar-Ledo, L. C.-G., Gil-Henríquez, A., Mata-Alonzo, R., & Rodríguez Piñeiro, A. (2016). Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. *Ingeniería Mecánica*, 19(3), 137-142.
- Díaz-Concepción, A., Villar-Ledo, L., Cabrera-Gómez, J., Gil-Henríquez, A., Mata-Alonzo, R., & Rodríguez Piñeiro, A. (2016). Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. *Ingeniería Mecánica*, 19(3), 137-142.
- Flores, C. (2010). Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM en grupo generador de eje horizontal de 24 MVA de una central hidroeléctrica. (*Trabajo de suficiencia profesional*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Gago, J., & Guadalupe, E. (2017). Optimización del plan de mantenimiento aplicando el análisis de confiabilidad a los equipos críticos del sistema eléctrico de la oficina principal de Petroperú S.A. (*Tesis*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- García, J. (1999). Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la línea de trefilación NIEHOFF M-85 en TECNOFIL S.A. (*Informe de suficiencia*). Universidad de Ingeniería, Lima.

- Gasca, M., Camargo, L., & Medina, B. (2017). Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. *Información Tecnológica*, 28(4), 111-124.
- González, M. d., & Pérez, J. (2 de Marzo de 2007). ¿Que es EBSCO? *BMN Informa*, 1-2. Obtenido de [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bmn/bmn\\_inf\\_ebsco\\_2007.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bmn/bmn_inf_ebsco_2007.pdf)
- Guevara, E. (2016). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a los grupos electrógenos de la estación tapir A del bloque 17 PETROORIENTAL. ( *Proyecto de Investigación y Desarrollo* ). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Guimac, E., & Rojas, L. (2007). Implementación del Programa de Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica de Cahua aplicando la filosofía de mantenimiento RCM (Reliability Centered Maintenance). ( *Informe de suficiencia* ). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Gutiérrez, J., Mora, J., & Pérez, S. (2009). Desarrollo de una estrategia de mantenimiento basada en RCM para líneas de transmisión de 115kV. *Scientia et Technica*, 2(42), 11-16.
- Huanes, Y. (2018). Metodología para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en sistemas de bombeo de aguas subterráneas de Agroindustrial Danper S.A.C. ( *Tesis* ). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Huatay, N. (2015). Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad ( RCM ) para mejorar la disponibilidad del proyecto GOLD MILL UPGRADE en el área de mantenimiento procesos de la empresa minera Yanacocha S.R.L en el año 2014. ( *Tesis* ). Universidad Alas Peruanas, Cajamarca.
- Hung, A. (2009). Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC; Reliability Centered Maintenance as a Strategy to support availability and forced outages indicator. *Ingeniería Energética*, 30(2), 13-18.
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering – A systematic review. *Information and Software Technology*(51), 7-15.

- Llamba, W. (2014). Artículo Científico - Elaboración del Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) de la Central Hidráulica Illuchi N° 2. 1-6. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8443>
- López, L. (2018). Aplicación de la metodología RCM en colectores de polvo en una empresa cementera para mejorar su confiabilidad. ( *Tesis* ). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Mora, O. (2006). Rediseño completo, cálculo de materiales y costos del sistema de distribución de aire comprimido de la planta; Creación de una plataforma para la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM, a los equipos que se definan como crítico. ( *informe de suficiencia profesional* ). Escuela de Ingeniería Electromecánica, Cartago.
- Moreno, E. (2017). Diseño De Un Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (Mcc) Al Compresor Estacionario De Tornillo De Una Etapa De La Empresa Metalmecánica Fameca S.A.C. ( *Tesis* ). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Mostajo, J., & Lastra, L. (2011). Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) de sistema de suministro de agua para una planta térmica con ciclo combinado. ( *Informe de suficiencia* ). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad ( Reability-centred Maintenance)* (Segunda ( Edición en Español ) ed.). Lillintong, North Carolina, Estados Unidos: Edwards Brothers.
- Nanfuñay, N. (2017). Implementación de un mantenimiento basado en la confiabilidad para el proceso de baños galvanicos de la planta de producción de joyas en la empresa Yobel SCM Costume Jawerly. ( *Tesis* ). Univerrsidad Tecnológica del Perú, Lima.
- Pajares, Y. (2018). Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la linea de escaldado, envasado y sellado de quinua-salsa de la planta N° 09 de DANPER Trujillo S.A.C. ( *Tesis* ). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

- Palomares, E., & Ortiz, V. (2015). Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral de la compañía minera Milpo, unidad El Porvenir. ( *Tesis* ). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Pedraza Acuña, O. J. (2018). Implementación de un plan integral de mantenimiento, basado en la metodología de la confiabilidad, para el área de acero dimensionado de la Corporación Aceros Arequipa S.A. ( *Tesis* ). Universidad Privada del Norte, Lima.
- Quinteros, C., Razzo, J., Sólorzano, M., & Rubio, G. (25 de Febrero de 2009). Análisis y diseño de un modelo experimental de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el sector industrial. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/860>
- Redalyc. (2017). *Acerca de*. Obtenido de [https://www.redalyc.org/redalyc/media/redalyc\\_n/Estaticas3/mision.html](https://www.redalyc.org/redalyc/media/redalyc_n/Estaticas3/mision.html)
- Rivera, F. (2012). Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM2) en una planta de congelado de pescado de capacidad 520 toneladas/día. ( *Informe de suficiencia profesiol* ). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Rivera, J. (2008). Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a los elementos de maniobra de una subestación de potencia. ( *Informe de suficiencia* ). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- SAE-JA1011. (1999). *Criterios de Evaluación para Procesos de mantenimiento Centrados en Confiabilidad. Norma para vehículos aeroespaciales y de supericie*. Ginebra: ISO estándar.
- SAE-JA1012. (2002). *Una Guia para la Norma del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad ( MCC ). Prácticas recomendadas para vehículos Aeroespaciales y de superficie*. Ginebra: ISO estándar.
- Salinas, I. (2010). Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad de una central hidroeléctrica de 40 MW. ( *Informe de suficiencia profesional* ). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Suárez, O. (2018). Extrusora de mallas Corelco y su táctica de confiabilidad. ( *Tesis* ). Universidad EAFIT, Medellín.

- Temoche, Y., & Lina, M. (2013). Diseño de un procedimiento general para el mejoramiento de un plan de mantenimiento. Caso estudio. empacadora tiromat VA 430 de la línea de chorizo. ( *Proyecto de grado* ). Universidad de San Buenaventura Cali, Santiago de Cali.
- Torres, A., Perdomo, M., Fornero, D., & Corcuera, R. (2010). Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la Central Nuclear de Embalse. *NUCLEUS*(47), 24-29.
- Torres, M. (2017). Implementación de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en Reductores del Sistema Conveyor de la Empresa Shougang Hierro Perú S.A.A. ( *Tesis* ). Universida Católica Santa Maía, Arequipa.
- Uzcátegui, J., Varela, A., & Díaz, J. (2016). Aplicación de herramientas de clase mundial para la gestión de mantenimiento en empresas cementeras basado en la metodología MCC. *Respuestas*, 21(1), 77-88.
- Villar, C. (2016). Plan para la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad ( RCM ) en una maquina inyectora Husky. ( *Tesis* ). Universidad Tecnológica del Perú, Lima .
- Zambrano, A., Zambrano, J., & Fumo, N. (2012). Metodología para la Aplicación de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Cofiability con criterios de Administración de Energía en Equipos de Aire Acondicionados Tipo compacto. *Mechanical Engineering Faculty Publications and Presentations*, 7.
- Zavala, M. (2017). Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P-300 de las granjas avícolas de la empresa procesadora nacional de alimentos zona Bucay. ( *Proyecto de investigación y desarrollo* ). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.