

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13.0156>

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS EN UNA SALA DE MÁQUINAS DE UN HOSPITAL

ANALYSIS OF FAILURE MODES AND EFFECTS IN A HOSPITAL MACHINE ROOM

Salazar-Pazmiño José Israel ¹; Torres-Rodríguez Roberto Manuel ²;
Velepucha-Sánchez Jorge Milton ³

¹ Estudiante de la Maestría en Mantenimiento Industrial, Mención Gestión eficiente del Mantenimiento, Facultad de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.
Correo: jsalazar8996@utm.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7630-1908>

² Docente del departamento de Mecánica, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.
Correo: roberto.torres@utm.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2582-6840>

³ Docente del departamento de Mecánica, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.
Correo: jorge.velepucha@utm.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3600-5896>

Resumen

El mantenimiento en los Hospitales es de mucha importancia por los altos niveles de riesgos para los pacientes y la complejidad y diversidad del equipamiento con que cuentan para brindar sus servicios. El objetivo del presente trabajo fue aplicar el análisis de modos y efectos de fallas en la sala de máquinas de un Hospital con el fin de incrementar la disponibilidad de los equipos. La estrategia metodológica seguida contempló el análisis de criticidad y la aplicación del AMEF que es una de las principales herramientas del RCM. Los resultados fundamentales del análisis de criticidad arrojaron que los dos equipos de alta criticidad fueron las calderas. El análisis de modo y efecto de fallas realizado en las calderas dio que las fallas de mayor significancia se presentaron en el quemador por el deterioro de la boquilla y en el motor eléctrico del ventilador por el desgaste de los rodamientos por el desbalance y la desalienación. Estos resultados permitieron definir las acciones de mantenimiento necesarias para prevenir este tipo de fallas.

Palabras clave: RCM, Hospital, Análisis de criticidad.

Abstract

Maintenance in Hospitals is very important due to the high levels of risk for patients and the complexity and diversity of the equipment they have to provide their services. The objective of this work was to apply the analysis of failure modes and effects in the engine room of a Hospital in order to increase the availability of the equipment. The methodological strategy followed included the criticality analysis and the application of the FMEA, which is one of the main tools of the RCM. The fundamental results of the criticality analysis showed that the two highly critical pieces of equipment were the boilers. The failure mode and effect analysis carried out in the boilers showed that the most significant failures occurred in the burner due to the deterioration of the nozzle and in the electric motor of the fan due to the wear of the bearings due to unbalance and misalignment. These results allowed us to define the maintenance actions necessary to prevent this type of failure.

Keywords: RCM, Hospital, Criticality analysis.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 18 de octubre de 2023.

Fecha de aceptación: 19 de diciembre de 2023.

Fecha de publicación: 10 de enero de 2024.



1. Introducción

Es muy común en nuestro medio relacionar al hospital como una entidad a la cual se acude con la finalidad de recobrar la salud, o donde se realizan acciones de reconocimiento para establecer si nuestro cuerpo está con buena salud la cual nos permita realizar nuestras actividades cotidianas con total normalidad, y por lo tanto, dicha relación se circunscribe al pensamiento de que allí se encontrará médicos, enfermeras, medicinas y en alguna medida equipos que facilitarán dicha labor (Socasi Gualotuña & Villacrés Paredes, 2009).

El hospital brinda un tipo de atención general en las especialidades que son Emergencia, Hospitalización, Consulta externa, Pediatría, Ginecología, Cirugía General, Medicina Interna, Dermatología, Traumatología, Urología, Audiología, Odontología, Psiquiatría, Cardiología, con un total de 205094 beneficiarios en todas las especialidades que ofrece el hospital (MSP, 2022).

El mantenimiento en los Hospitales es de mucha importancia ya que en

esta área se realiza la manutención de máquinas y sistemas mecánicos, realizando tareas de ajuste, instalación, revisión, acondicionamiento y reparación dentro de un centro hospitalario (González López, 2021). La gestión del mantenimiento de un hospital implica que se determine las áreas funcionales que articulan la gestión del mantenimiento como organización general del mantenimiento, planificación, programación y control del mantenimiento, inventario de equipos, criticidad y diferentes modos de fallos (Viscaíno Cuzco et al., 2019).

El servicio hospitalario al igual que otras industrias utilizan equipos mecánicos los cuales forman parte del área de máquinas, que tiene como componentes más importantes equipos generadores de vapor y agua caliente asimismo unidades de bombeo (Niyonambaza et al., 2020).

Una de las metodologías para la gestión de los hospitales es la que hace referencia en su investigación (Garrido, 2012) el mantenimiento centrado en la confiabilidad inicialmente fue desarrollado para el sector de aviación, posteriormente

fue trasladada al campo industrial y tiene como objetivo fundamental de la implantación de un mantenimiento centrado en fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la disponibilidad y disminuir costes de mantenimiento. Así mismo (Al Haiany, 2016) considera que, si el RCM es aplicado por las personas adecuadas y de la manera correcta, el resultado puede ser rentable para las organizaciones.

El mantenimiento centrado en confiabilidad se basa en el análisis de fallos, tanto aquellos que ya han ocurrido, como los que se están tratando de evitar con determinadas acciones preventivas y aquellos que tienen cierta probabilidad de ocurrir o pueden tener consecuencias graves durante ese análisis de fallos (Maya Velásquez, 2019).

El AMEF permite que se de respuesta algunas interrogantes que son elementales en el proceso de aplicación del RCM el cual nos da apertura para analizar las diferentes causas en que los equipos o componentes fallaron y posteriormente serán documentados, así mismo como un análisis exhaustivo sobre las frecuencias y causas de los fallos

que se presentaran (Castillo Calzadilla, 2008).

Así como menciona (Acuña Ojeda & Vargas Neyra, 2019) esta es una de las herramientas más utilizadas para conseguir este objetivo es el de partir de un análisis de criticidad la cual permite obtener una respuesta para conocer y analizar las causas de los estados de falla y sus efectos, estableciendo una actividad de mantenimiento que elimine o reduzca los efectos de las fallas a un valor aceptable.

El resultado de este enfoque es un plan de mantenimiento óptimo y personalizado para cada componente dentro del sistema, en efecto el AMEF clasifica las estrategias de mantenimiento en dos grandes categorías. El mantenimiento proactivo se refiere a una estrategia en la que se toma una acción antes de que ocurra una falla, además el mantenimiento reactivo es una estrategia en la que no se realiza ninguna acción hasta que se produce una falla, la ventaja de la aplicación del AMEF permite dar respuesta a las interrogantes que se plantea un mantenimiento centrado en la confiabilidad (Salah et al., 2018) así como se puede utilizar

para predecir el rendimiento de una máquina en un cierto tiempo además proporcionar recomendaciones de mantenimiento basadas en el mayor riesgo de falla en cada componente (Safira Rahmania et al., 2020).

Varios autores como se cita a continuación (Salah et al., 2018) en su investigación al realizar el AMEF logro identificar modelos de fallas específicos y las estrategias de mantenimiento adecuadas para los componentes debido a la falta de datos de las fallas esto con la ayuda de los expertos, por su parte (Safira Rahmania et al., 2020) en su investigación menciona que al determinar el equipo crítico y la utilización del AMEF logro determinar las fallas recurrentes y posteriormente determinar qué tipos de mantenimientos son recomendados y adecuados para el equipo, de igual manera (Peña Marquina, 2018) menciona que al identificar los equipos críticos mediante información técnica, ordenes de trabajo bajo el análisis AMEF desarrollo una planificación de mantenimiento programado para cada uno de los equipos.

Dados estos elementos analizados anteriormente el objetivo que se

planteó en esta investigación fue aplicar el análisis de modos y efectos de fallos (AMEF) a la sala de máquinas a un hospital para identificar los fallos que se encuentran presentes y determinar sus causas con el fin de mejorar la disponibilidad de los equipos.

2. Materiales y métodos

Para el desarrollo de la investigación se siguió la lógica de investigación trabajada por (Salah et al., 2018) y (Barragán Erazo, 2016) los cuales hacen referencia lo siguiente

- Caracterización de los equipos del área de mantenimiento
- Análisis de criticidad
- Aplicación del AMEF

Para poder llevar a cabo esta etapa se realizará la jerarquización de los equipos que conforman el área de máquinas del hospital teniendo como base de datos la bitácora de registro de los fallos en el periodo de mayo 2020 – mayo 2023, inicialmente (Gasca et al., 2017) menciona que para identificar los equipos críticos se empieza por el análisis de criticidad determinando la frecuencia de falla por su consecuencia, además que los criterios de

evaluación que se tomaron en cuenta es las Frecuencia de fallos que se hace mención la cantidad de eventos que pueden suceder en diferente periodos de tiempos, así como el costo de mantenimiento recopilado del historial de reparaciones, también se tomó el criterio del equipo de trabajo lo que es el impacto en la seguridad y salud, tiempo de operación y el tiempo de reparación con el fin de que estos criterios de evaluación permita determinar los equipos críticos que conforman la sala de máquinas en estudio.

El estudio de la caracterización de los equipos y el análisis de criticidad se complementa con el estudio de modos y efectos de fallas de los activos que se encuentran dentro del área de mantenimiento el cual tiene un fin que es resolver los problemas existentes en el área de estudio.

3. Resultados y discusión

Para dar respuesta a este apartado se empezó revisado el historial de fallos de los equipos que son parte del área de máquinas que fueron evaluados en el periodo de investigación en el cual se pudo conocer las frecuencias que fallan los equipos, el costo por el mantenimiento de estos además de los tiempos de operación y reparación. Posteriormente para dar respuesta al valor de la consecuencia de las fallas se llevó a cabo con la ayuda del equipo de trabajo que se formó se logró determinar la valoración adecuada de la consecuencia de las fallas de cada equipo, una vez determinada la frecuencia de fallas y las consecuencias se procedió a calcular el índice de criticidad detallado en la tabla 1.

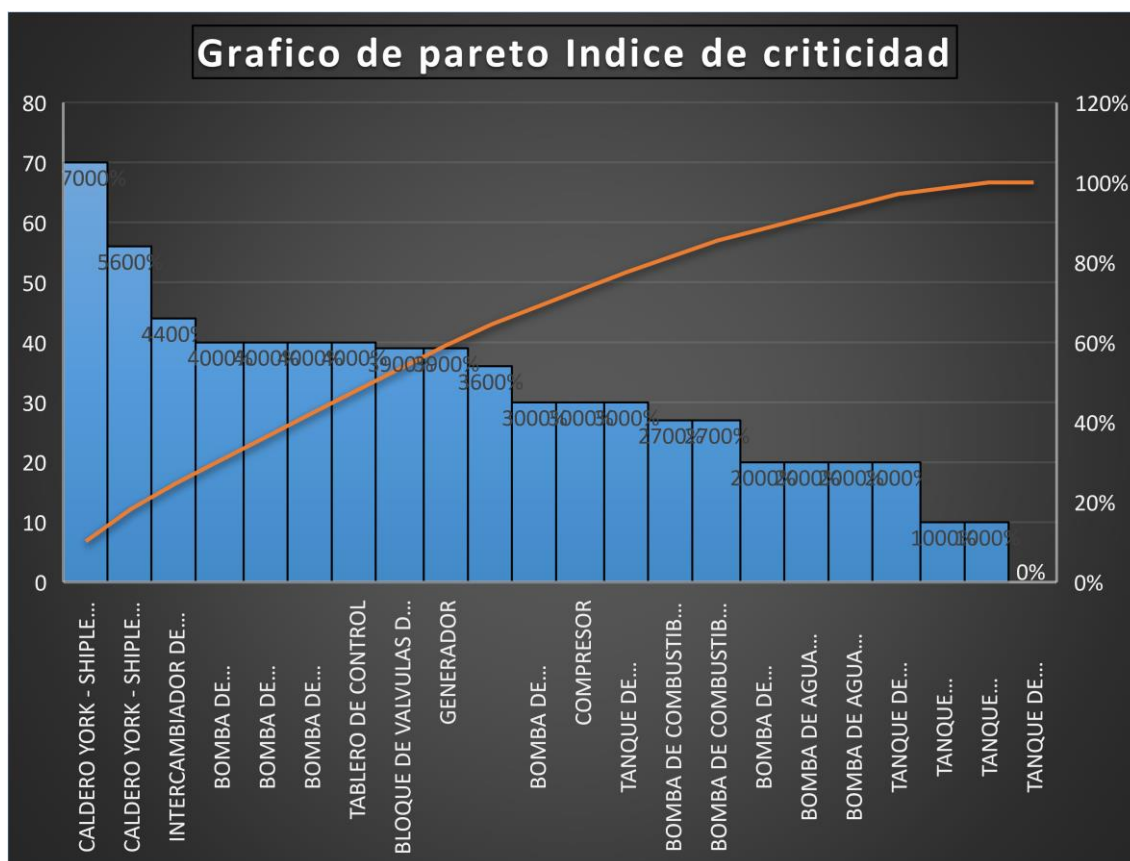
Tabla 1. Análisis de criticidad de los equipos del área de mantenimiento

ANALISIS DE CRITICIDAD								
Denominación de activos	Frecuencia de fallas	Consecuencia				Valor de consecuencia	TOTAL IC= FF x CF	Nivel de criticidad
		Costo de mantenimiento	Impacto en la seguridad y salud	Tiempo de operación	Tiempo de reparación			
BOMBA DE ALIMENTACION 1	3	2	2	3	3	10	30	Media Criticidad
BOMBA DE ALIMENTACION 2	2	2	2	3	3	10	20	Baja Criticidad
BOMBA DE ALIMENTACION 3	4	2	2	3	3	10	40	Media Criticidad
TANQUE HIDRONEUMATICO 1	1	2	2	3	3	10	10	Baja Criticidad

TANQUE HIDRONEUMATICO 2	1	2	2	3	3	10	10	Baja Criticidad
COMPRESOR	3	2	2	3	3	10	30	Media Criticidad
BOMBA DE AGUA TRATADA 1	4	1	1	2	1	5	20	Media Criticidad
BOMBA DE AGUA TRATADA 2	4	1	1	2	1	5	20	Media Criticidad
TANQUE DE CONDENSADO	3	2	3	3	2	10	30	Media Criticidad
BOMBA DE RECIRCULACION 1	4	2	2	3	3	10	40	Media Criticidad
BOMBA DE RECIRCULACION 2	4	2	2	3	3	10	40	Media Criticidad
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CALIENTE	3	2	4	3	3	12	36	Media Criticidad
INTERCAMBIADOR DE CALOR	4	2	3	3	3	11	44	Media Criticidad
BOMBA DE COMBUSTIBLE 1	3	2	1	3	3	9	27	Media Criticidad
BOMBA DE COMBUSTIBLE 2	3	2	1	3	3	9	27	Media Criticidad
CALDERO YORK - SHIPLEY 1	4	4	4	3	3	14	56	Alta Criticidad
CALDERO YORK - SHIPLEY 2	5	4	4	3	3	14	70	Alta Criticidad
BLOQUE DE VALVULAS DE VAPOR	3	3	4	3	3	13	39	Media Criticidad
TANQUE DE COMBUSTIBLE	2	2	2	3	3	10	20	Baja Criticidad
TABLERO DE CONTROL	4	2	4	3	1	10	40	Media Criticidad
GENERADOR	3	3	4	3	3	13	39	Media Criticidad

Como se puede observar en la tabla 1 resultaron dos equipos con un índice de Alta criticidad que son las calderas como es la caldera 1 presenta un nivel de criticidad de 56 y la caldera 2 de 70 las cuales por su operatividad requieren un plan de mantenimiento preventivo de igual manera podemos observar que se obtuvieron 15 equipos con un índice de Media criticidad y 4 equipos con Baja criticidad.

Figura 1. Diagrama de Pareto índice de criticidad



En la figura 1 se muestra el diagrama de Pareto la cual permite revelar de una manera eficaz como está distribuido por orden jerárquico el nivel de criticidad de los equipos, observando que el 80% de los efectos de las dos Calderas York-Shipley corresponde al 20% de las fallas presentes, a partir de las valoraciones y el análisis del equipo de trabajo, además que este enfoque permite centralizar los esfuerzos y recursos en los equipos de mayor criticidad no descuidando los de criticidad media.

En consideración que se ha identificado el equipo de alta criticidad, y siguiendo con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad haremos una división de los componentes de la caldera para realizar ubicar los fallos y reconocer su modo de fallo y la causa que lo llevo a dicho fallo, ya que el objetivo de realizar un AMEF es comprender y tomar las acciones que logren prevenir más fallos en los equipos.

Tabla 2. Análisis de modos y efectos de fallas en Caldera

HOJA DE INFORMACION RCM			Sistema:			Facilitador:			Fecha:		Hoja N °	
			Caldera York – Shipley SPHV-125-2			Ing. José Salazar Pazmiño						
			Subsistema:			Auditor:			Fecha:		de	
1.- Quemador Gas/ Diesel			Ing. José Salazar Pazmiño									
FUNCION			FALLA FUNCIONAL			MODO DE FALLA			EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce una falla)			
1	Quemar MBTU/Hr	4184	A	No llega a quemar hasta la capacidad de diseño 4184 MBTU/Hr	1.A	Boquilla en mal estado	Disminuye el caudal del Diesel para ser pulverizado					
					2.A	Tubo de llama tapado	No permite el ingreso adecuado del aire que proviene de la turbina					
					3.A	Desalineamiento del eje del motor	No permite el correcto funcionamiento de la bomba para el ingreso del gas					
					4.A	Problemas en el accionamiento del transformador	No permite que se genere la chispa para el encendido en los electrodos					
					5.A	El programador no responde a las señales de encendido	Imposibilita el proceso de encendido del quemador					
					6.A	Los termostatos dejan de funcionar	Dejan de alimentar al programador y no permite el paso de gas /diésel y aire					
			1.B	La fotocelda no detecta la llama	No llega señal a la electroválvula lo que imposibilita la abertura para el ingreso del combustible.							
			B	La llama no es adecuada								

Nota: En esta tabla se detalla el análisis de criticidad del sistema Caldera dividido en un subsistema como lo es el quemador.

En la tabla 2 se muestra el resultado de la aplicación del AMEF del subsistema los principales modos de falla como lo es la boquilla que se encuentre en mal estado esto produce un deficiente ingreso de caudal de diésel para ser pulverizado y que se produzca el proceso de

combustión dentro del hogar de la caldera, así mismo otro modo de llama que se determinó por medio del análisis e historial es el de tubo de llama tapado al encontrarse este obstruido no permite un ingreso de la cantidad de aire adecuado proveniente del ventilador.

Tabla 3. Análisis de modos y efectos de fallas en Caldera

HOJA DE INFORMACION RCM		Sistema:		Facilitador:		Fecha:	Hoja N °
		Caldera York – Shipley SPHV-125-2		Ing. José Salazar Pazmiño			
		Subsistema:		Auditor:		Fecha:	de
		2.- Motor eléctrico del ventilador		Ing. José Salazar Pazmiño			
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce una falla)	
1	Mover el ventilador con el torque y potencia necesario	A	No tiene la capacidad de llegar a entregar la potencia y el torque para que se mueva el ventilador	1.A	La alimentación eléctrica no es estable	El motor no va a tener la suficiente fuerza para funcionar correctamente	
				2.A	Elevada temperatura en el estator	El sobrecalentamiento del bobinado no permite llegar a la potencia y torque de diseño Aumento de vibración	

		B	Exceso de vibración al momento del funcionamiento	1.B	Desgaste de los rodamientos	Exceso de ruido
				2.B	Desbalanceo del eje del motor con el ventilador	
				3.B	Montaje inadecuado de los rodamientos	Fractura o deformación elástica

Nota: En esta tabla se detalla el análisis de criticidad del sistema Caldera dividido en un subsistema como lo es el motor eléctrico del ventilador.

En la tabla 3 se observa que los modos de fallas más probables en el motor eléctrico que mueve al ventilador están dados en el desgaste de los rodamientos y el desbalance del eje del motor. Al no contar con una correcta lubricación al no contar con un lubricante adecuado además que este

desgaste de los rodamientos conlleva al desbalanceo del eje del motor lo que provoca que el ventilador no tenga la potencia necesaria para generar aire que ingrese al quemador y además se produzcan sobrecalentamiento en el bobinado.

Tabla 4. Análisis de modos y efectos de fallas en Caldera

HOJA DE INFORMACION RCM		Sistema: Caldera York – Shipley SPHV-125-2		Facilitador: Ing. José Salazar Pazmiño		Fecha:	Hoja N °
		Subsistema: 3.- Tubos de caldera		Auditor: Ing. José Salazar Pazmiño		Fecha:	de
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce una falla)	
1	Permite el paso del agua dentro de la caldera para calentamiento	A	Fuga de agua a través de los tubos	1.A	Corrosión por dentro y fuera del material de los tubos	Debilita los componentes ya que no cuenta con inhibidores químicos	
				2.A	Formación de incrustaciones	Aumento de las sales que se encuentran presentes en el agua debido al nulo tratamiento de agua	
				3.A	Orificios en los tubos de alimentación	Exceso de sales en el agua de alimentación debido a la no utilización de ablandadores de agua	
				4.A	Sobrecalentamiento	Acelera la corrosión y la oxidación	

Tabla 5. Análisis de modos y efectos de fallas en Caldera

HOJA DE INFORMACION RCM		Sistema: Caldera York – Shipley SPHV-125-2		Facilitador: Ing. José Salazar Pazmiño		Fecha:	Hoja N°
		Subsistema: 4.- Paredes de la caldera		Auditor: Ing. José Salazar Pazmiño		Fecha:	de
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce una falla)	
1	Albergar los gases producto de la combustión y transferir hacia los tubos que contienen agua	A	Deficiente transferencia de calor al agua en los tubos	1.A	Defectos en el diseño	Poca eficiencia térmica	
				2.A	Rotura en las costuras de la soldadura	Degradación del material	
				3.A	Deterioro en el material refractario	Porosidades y cambios de temperatura	

En las tablas 4 y 5 se reporta otros de los resultados más relevantes del análisis de modos y efectos de fallos, obteniendo como resultado mas importante en la tabla 4 la fuga de agua por los tubos de la caldera teniendo como efecto la corrosión y la formación de incrustaciones la cual debilita y destruye el material, en la tabla 5 hacemos referencia mas importante a las paredes de la caldera las cuales presentaron perdida de calor debido al desgaste presentado en el material refractario causando poca transferencia de calor hacia los tubos para calentar agua.

4. Conclusiones

El análisis de la bibliografía evidencio la eficacia de la utilización del AMEF para el diagnóstico de fallas de equipos en diferentes

campos como la industria o en el campo de prestación de servicios públicos cabe recalcar que para realizar este estudio se debe contar con el personal experto y con el conocimiento de todos los equipos para así poder determinar las verdaderas causas de los fallos y dar una respuesta con un plan de mantenimiento acorde a la necesidad.

El análisis y modos de fallas se le realizó a los equipos que resultaron con alta criticidad que fueron las calderas York – Shipley SPHV-125-2. Este análisis arrojó como resultados que los modos de fallas de mayor probabilidad de incidencia fueron el deterioro de la boquilla de los quemadores y el desgaste de los rodamientos del motor eléctrico del ventilador de la caldera, además de otros modos de fallas que no dejan

de ser importantes en las acciones de mantenimiento. Este resultado permitió revelar las acciones y estrategias de mantenimientos necesarias para prevenir este tipo de fallas.

Bibliografía

- Acuña Ojeda, E. A., & Vargas Neyra, R. W. (2019). Mantenimiento basado en confiabilidad y su influencia en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora [Maestría en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Nacional del Callao]. Callao, Perú. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6032>
- Al Haiany, H. (2016). Reliability Centered Maintenance, Different Implementation Approaches [Master of Science in Engineering Technology Civil Engineering, Luleå University of Technology]. DiVA. Luleå, Sweden. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-344>
- Barragán Erazo, M. O. (2016). Diseño de la Estrategia basada en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para activos físicos críticos de Refinería SHUSHUFINDI [Maestría en Gestión del Mantenimiento Industrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Riobamba, Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4694>
- Castillo Calzadilla, T. (2008). Modelo Gerencial para el Mantenimiento de hospitales; caso hospital universitario Dr. Luis Razetti [Master en Gerencia de Mantenimiento, UNEFA]. Barcelona.
- Garrido, S. G. (2012). Mantenimiento programado en centrales de ciclo combinado: Operación y mantenimiento de centrales de ciclo combinado. Ediciones Díaz de Santos. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=o5isJP5Pq8IC&oi=fnd&pg=PA81&dq=Es+una+t%C3%A9cnica+m%C3%A1s+dentro+de+las+posibles+para+elaborar+un+plan+de+mantenimiento+en+una+central+de+ciclo+combinado+y+que+presenta+algunas+ventajas+importantes+sobre+otras+t%C3%A9nicas.+Inicialmente+fue+desarrollada+para+el+sector+de+aviación,+donde+los+altos+T7uOWX&sig=yg7pq3pQ8UuD49X2BMVColgeeOs>
- Gasca, M. C., Camargo, L. L., & Medina, B. (2017). Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. Información tecnológica, 28, 111-124. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071

- 8-
07642017000400014&nrm=is
o
- González López, G. (2021). Importancia del mantenimiento técnico hospitalario. 4, 156.
- Maya Velásquez, J. A. (2019). Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM [Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia]. Medellín, Colombia. <http://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/64727>
- MSP. (2022). Hospital General Alfredo Noboa Montenegro. <http://190.152.181.93/hanm/>
- Niyonambaza, I., Zennaro, M., & Uwitonze, A. (2020). Predictive Maintenance (PdM) Structure Using Internet of Things (IoT) for Mechanical Equipment Used into Hospitals in Rwanda. Future Internet, 12(12), 224. <https://www.mdpi.com/1999-5903/12/12/224>
- Peña Marquina, F. B. (2018). PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE PAPEL [Especialista en Ingeniería Industrial y Productividad, Universidad Católica Andrés Bello]. Caracas, Venezuela. <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT6301.pdf>
- Safira Rahmania, W., Gayuh Prasetya, H. E., & Hesty Sholihah, F. (2020). Maintenance Analysis of Boiler Feed Pump Turbine Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Methods. 2020 International Electronics Symposium (IES), 54-59. <https://doi.org/10.1109/IES50839.2020.9231886>
- Salah, M., Osman, H., & Hosny, O. (2018). Performance based reliability centered maintenance planning for hospital facilities. Journal of Performance of Constructed Facilities, 32(1), 04017113. <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CF.1943-5509.0001112>
- Socasi Gualotuña, M. S., & Villacrés Paredes, I. M. (2009). Elaboración de un programa de mantenimiento para la casa de máquinas del Hospital Provincial Docente Alfredo Noboa Montenegro de la ciudad de Guaranda provincia de Bolívar [Proyecto de investigación, Escuela Politécnica Nacional]. Quito, Ecuador.
- Viscaíno Cuzco, M., Villacrés-Parra, S., Gallegos-Londoño, C., &

Negrete-Costales, H. (2019).
Evaluación de la gestión del
mantenimiento en hospitales
del instituto ecuatoriano de
seguridad social de la zona 3
del Ecuador. Ingenius.
Revista de Ciencia y
Tecnología(22).
[https://www.redalyc.org/articu
lo.oa?id=505559510009](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=505559510009) (IN
FILE)