



Método AMEF: estrategias para su empleo en el mantenimiento en plantas purificadoras de agua

AMEF method: strategies for its use in the maintenance of water purification plants

Método FMEA: estratégias para seu uso na manutenção de estações de purificação de água

Stalin Armando Torres-Goyes ^I
storres5827@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4655-2025>

Ciaddy Gina Rodríguez-Borges ^{II}
ciaddy.rodriguez@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1097-4194>

Correspondencia: storres5827@utm.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de revisión

***Recibido:** 14 de abril de 2021 ***Aceptado:** 15 de mayo de 2021 * **Publicado:** 09 de junio de 2021

- I. Ingeniero Electricista, Cursante de la Maestría en Mantenimiento Industrial, Mención Gestión Eficiente del Mantenimiento, Instituto de Postgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- II. Doctor en Ciencias Técnicas, Docente de la Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Resumen

En las industrias purificadoras de agua, es necesario disponer de una alta tasa de disponibilidad de los equipos empleados debido a lo continuo del proceso, por lo que recurrir a la técnica análisis modo y efecto de las fallas, es sin lugar a duda una estrategia viable para detectar anticipadamente los probables modos de falla de los equipos principales empleados en estas empresas. El presente artículo, aborda el método AMEF y los tipos de mantenimientos que emplean las distintas plantas purificadoras de aguas. El objetivo de esta investigación se enfocó en sustentar teóricamente el método AMEF y los tipos de mantenimientos de las plantas purificadoras de agua, como método para la identificación para las posibles fallas y apreciación de la severidad en el efecto de las mismas. Utilizando el método teórico de análisis y síntesis para comprender las aportaciones más relevantes desde los diversos autores. Empleando además, la metodología documental o bibliográfica mediante la recolección, aportación y datos de múltiples escritos, mismos que contribuyen con información y contenido referente a la problemática. En este estudio bibliográfico se evidencia claramente que la elección de un tipo de mantenimiento vinculándolo con el método AMEF permite detectar e identificar problemas potenciales en la producción de las plantas purificadoras de agua, que permiten atender las necesidades y exigencias de la empresa.

Palabras claves: Método AMEF; tipos de mantenimiento; planta purificadora de agua; ventajas y desventajas; recurso hídrico.

Abstract

In water purification industries, it is necessary to have a high availability rate of the equipment used due to the continuity of the process, so resorting to the failure mode and effect analysis technique is undoubtedly a viable strategy. to detect in advance the probable failure modes of the main equipment used in these companies. This article addresses the FMEA method and the types of maintenance used by the different water purification plants. The objective of this research was focused on theoretically supporting the FMEA method and the types of maintenance of water purification plants, as a method for the identification of possible failures and appreciation of the severity of their effect. Using the theoretical method of analysis and synthesis to understand the most relevant contributions from the various authors. Also employing the documentary or bibliographic methodology through the collection, contribution and data of multiple writings, which contribute information and content regarding the problem. This bibliographic study clearly

shows that the choice of a type of maintenance, linking it with the FMEA method, allows detecting and identifying potential problems in the production of water purification plants, which allow meeting the needs and demands of the company.

Keywords: FMEA method; Types of maintenance; water purification plant; advantages and disadvantages; hidric resource.

Resumo

Nas indústrias de purificação de água, é necessário que haja um alto índice de disponibilidade dos equipamentos utilizados devido à continuidade do processo, portanto, recorrer à técnica de análise de modos e efeitos de falha é, sem dúvida, uma estratégia viável. Detectar antecipadamente os prováveis modos de falha dos principais equipamentos utilizados nessas empresas. Este artigo aborda o método FMEA e os tipos de manutenção usados pelas diferentes estações de purificação de água. O objetivo desta pesquisa centrou-se em apoiar teoricamente o método FMEA e os tipos de manutenção de estações de purificação de água, como método para a identificação de possíveis falhas e avaliação da severidade do seu efeito. Utilizar o método teórico de análise e síntese para compreender as contribuições mais relevantes dos diversos autores. Empregando-se também da metodologia documental ou bibliográfica através da coleta, contribuição e dados de escritos múltiplos, que contribuem com informações e conteúdos sobre o problema. Este estudo bibliográfico mostra claramente que a escolha de um tipo de manutenção, associando-o ao método FMEA, permite detectar e identificar potenciais problemas na produção de centrais de purificação de água, que permitem ir de encontro às necessidades e exigências da empresa.

Palavras-chave: Método FMEA; Tipos de manutenção; planta de purificação de água; vantagens e desvantagens; recurso hídrico.

Introducción

El mantenimiento de las plantas purificadoras de agua ha tomado gran importancia debido a la implementación y el aporte de las tecnologías en sus procesos, para ello, se necesita de esfuerzos, constancias y aumento de disponibilidad de los equipos, para reducir los niveles de falla, meta que debe ser alcanzada a través del empleo de técnicas que garantice la relación costo-beneficio. El proceso de mantenimiento ha tenido una evolución favorable para la industria, ya no solo se enfocado en las máquinas y equipos, sino que también empieza por involucrar al personal,

mediante adiestramiento y continuo, formación de campo para el monitoreo de los equipos a través de toda la vida útil de los mismos, es uno de los pilares importantes del procesos de producción y su óptimo desempeño depende en gran parte del mantenimiento, es por esto necesario, que sean efectuado todos los mantenimiento de forma oportuna y correctos, y que el trabajo se efectuó de forma colaborativa entre los integrantes del departamento (Rodríguez-Borges, Bowen-Quiroz, Pérez-Rodríguez, & Rodríguez-Gámez, 2020), considerando de ser posible de forma anticipada las posibles fallas (Aguilar & Rodríguez, 2014).

Inicialmente, con la aparición de los departamentos de mantenimiento, estos estaban direccionados exclusivamente a solucionar las fallas, pero posteriormente se procedió a considerar el mantenimiento preventivo como parte de las importantes tareas de este departamenteo, tal es caso, del mantenimiento requerido por los equipos y maquinarias que de forma recurrente pueden dañarse y amerita ser reparadas, por lo que se procedió a considerar nuevos métodos que garantizaran una mayor fiabilidad en la operación de los equipos, entendiendo por este término la probabilidad de que una parte de la máquina o del producto funcione correctamente en un momento determinado y bajo unas condiciones establecidas (Torrecilla, 2014).

Ante lo expuesto, las plantas purificadoras de agua requirieron implementar otro tipo de mantenimiento, preventivo, capacitando a los profesionales para realizar con éxito el proceso evitando las fallas. Según lo señalado por Toro (2020), estos mantenimientos están basados en la planificación de tareas y actividades como ajustes de limpieza, reparaciones y reemplazos de piezas y extrapolación estadística de las posibilidades de fallas, con el objeto de asegurar la permanencia operacional de los equipos y las capacidades funcionales de la organización, realizando inspecciones, detecciones y prevención sistemática de fallas; con el propósito de mantener la vida útil de los equipos, evitar fallas tempranas, minimizando de esta forma las posibles fallas en las operaciones a consecuencia de paradas de planta y sus consecuencias en términos de costos.

De ahí, se pone en marcha el mantenimiento predictivo, según Sánchez (2017), el cual consiste en un conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico, todo esto por medio de diferentes sistemas automatizados y de seguimiento implicados en el proceso, empleando para ellos distintas herramientas entre ellas la simulación y la emulación (Pérez Rodríguez, Rodríguez Borges, Pérez, & Bowen). Actualmente las plantas purificadoras de agua, implementan un sistema de mejora permanente a nivel sistemático, para disminuir sus costos y garantizar la continuidad de

operaciones, por lo que han conformado equipos de trabajo para el seguimiento e intervención oportuna.

En América latina en la actualidad, se consideran contar con un sistema de mantenimiento en todas las plantas purificadoras de agua, los cuales deben entre otras funciones identificar los modos de falla, mediante un estudio detallado del comportamiento de los equipos crítico, procediendo a registrar, analizar y estudiar las razones del por qué han ocurrido los distintos evento (Aguilar, Torres & Magaña, 2010). Y Adicionalmente, en algunos casos, se debe considerar la necesidad incorporar la creación y diseño de piezas por parte del personal de mantenimiento para facilitar la operación del mantenimiento en equipos, cuya partes no puede ser adquiridas en los mercados (Pérez-Rodríguez, Rodríguez-Borges, Rodríguez, & Villacreses, 2020)

Entendiendo por modo de falla, la forma en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar su función, o en otras palabras, la forma en que un activo deja de operar de forma adecuada en un determinado momento. A cada modo de falla le corresponde una acción de mitigación o prevención, dentro del proceso de mantenimiento, estas acciones pueden ser prevenidas mediante el empleo de software creados para tal fin (Rodríguez -Borges, Perez Rodriguez, Lituma Ramirez, & Perez Baltar, 2020), gracias a la planificación de las acciones y al adecuado cumplimiento de las tareas de mantenimiento por parte del personal. Cada falla funcional puede ser originada por más de un modo de falla de los equipos existentes (Guzman, 2013).

Dentro del plan de mantenimiento, a cada modo de falla le corresponderá una tarea de mantenimiento. En este sentido, el análisis de los efectos de la falla son apreciados desde la reacción negativa que genera en el sistema o equipo, por ejemplo un indicador pudiera ser considerado como: incremento o disminución del nivel de temperatura, nivel de aceite, ruidos, señales o alarmas de seguridad, entre otros elementos.

El Plan de mantenimiento, debe adicionalmente responder además a las perspectivas vinculadas a la seguridad y el cuidado del ambiente. Por lo que hoy en día, se busca salvaguardar todas las áreas: salud, economía y eficiencia de la empresa, como parte de los objetivos contemplados en los planes de mantenimiento, por lo que a través de los mismos, es posible identificar y determinar las fallas potenciales en cada uno de los componentes del sistema (Guzman, 2013).

Una de las ventajas de emplear en los planes de mantenimiento el análisis del modo y efecto de las fallas (AMEF), es que es un recurso dinámico, facilita la recopilación, comprensión y clasificación de información referente a los procesos de cualquier organización, por lo que puede

ser empleada en sistema como los empleados en las empresas purificadoras de agua, para el procesos completo desarrollado en las mismas e incluso puede mediante estos sistemas procederse a simular el comportamiento de los equipos y determinar . Por lo que esta investigación tiene como La objetivo identificar los elementos que brinda el método AMEF y los tipo de mantenimientos que deben ser contemplados en las plantas purificadoras de agua, considerando detección de algunas de las posibles fallas y el análisis del efecto de las mismas en el sistema.

Materiales y métodos

Para la realización del presente investigación se siguió una metodología cualitativa y descriptivos, considerando a sus vez una amplia revisión bibliográfica, en fuentes de datos de validez científica (Quecedo & Castaño, 2002), también denominado método documental , el cual consiste establecer un conjunto e criterios de búsqueda, a través de las palabras clave definidas por los investigadores, y proceder a la selección bajo un conjunto adicional de criterios (lapso de tiempo contemplado de la publicación, idiomas, entre otros) los cuales una vez leídos y analizada la información expuesta por los autores, se procederá a identificar los elementos más relevantes y plantear conclusiones y nuevos criterios a partir de la información recopilada y analizada (Uriarte, 2020). De esta manera, se procedio a orientar el proceso de revisión, selección y/o clasificación de informacion a través del uso de fuentes digitales o físicas tales como: bases de datos google academico, redalyc, libros, imágenes, entre otros.

Desarrollo

La importancia de un adecuado mantenimiento de plantas purificadoras de agua, está enfocado en mantenimiento adecuado del conjunto de filtros, específicamente elaborados para suprimir bacterias o sustancias contaminantes, y su principal finalidad es la de proveer agua de calidad para el consumo del sujeto. El mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, es un proceso que incluye diversos factores que deben operar en conjunto, y por ello debe ser supervisado de manera constante, para comprobar los niveles de calidad exigidos y también para prevenir errores en el funcionamiento, tales como fallas en el bombeo o en los niveles requeridos en los tanques (Domos Agua, 2018).

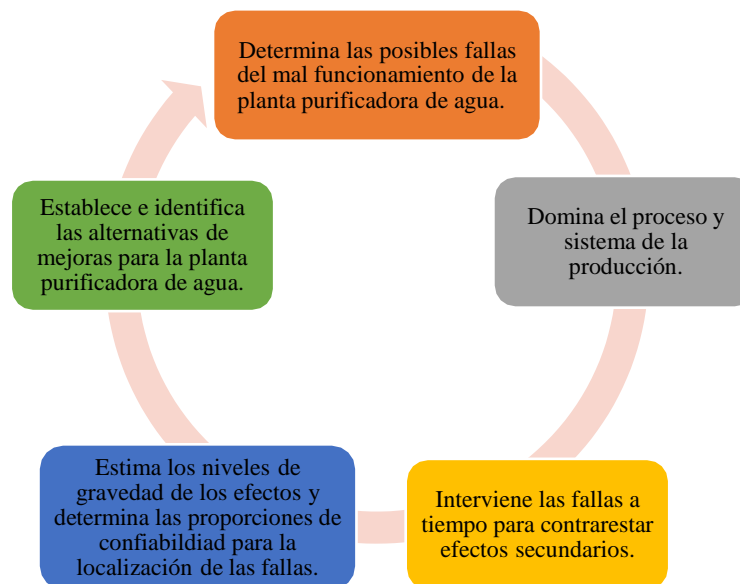
Una planta purificadora de agua, actualmente como empresa recurre al Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), debido a las múltiples ventajas que este método presentan, pero debe ser

considerado lo expuesto por Salazar (2019), quien refiere que este procedimiento de aplicación de AMEF facilita identificar las fallas en procesos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

La metodología AMEF se creó con el propósito de evaluar la confiabilidad de los equipos, así como también para evaluar e identificar fallas en productos, procesos y sistemas, clasificar de manera objetiva los efectos que pueden ser ocasionados y las causas más probables de la falla, y así evitar la ocurrencia de las mismas; para ello se amerita contar con un método documentado de registro de las operaciones y de acciones para la prevención de fallas (Hernandez & Pérez, 2017).

En este sentido, el método AMEF para las plantas purificadoras de agua, es considerado como un método de análisis para descubrir, bloquear y erradicar dificultades de manera sistemática en el producto final de la empresa, pues, genera toda la información necesaria para reajustar las fallas y las peticiones de los clientes. A continuación se procedió a representar en la figura 1, las ventajas potenciales del Análisis del modo y efecto de fallas en una planta purificadora de agua.

Figura 1: Ventajas AMEF: plantas purificadoras de agua.



Fuente: Elaboración propia.

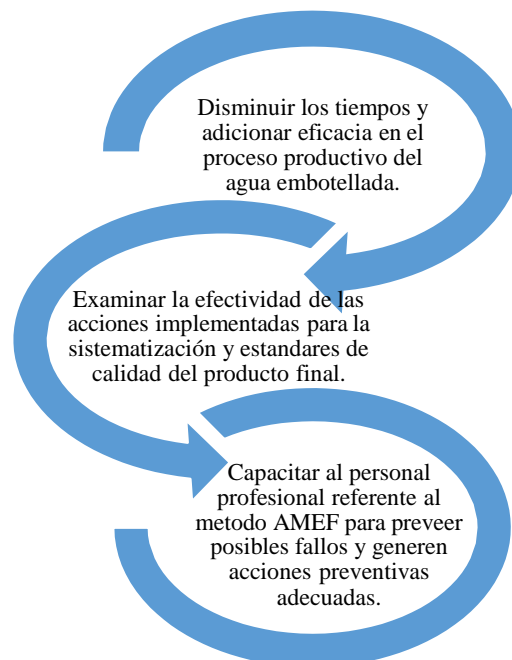
Como se visualiza en la figura 1, las ventajas AMEF en plantas purificadoras de agua, pretenden reducir los niveles de fallos en el proceso de producción para aumentar la satisfacción y

necesidades de los clientes al recibir un producto con estándares de calidad y sobretodo fiabilidad. Dicha metodología ayudará a reducir los costos por paradas de máquina y garantizar que se mantengan en excelente estado las mismas, dando una visión amplia de cómo estar preparados para resolver alguna falla existente y de la prioridad con la que hay que atenderla, para evitar resultados peores (Quiroga, 2019).

Según expresan Bestratén, Orriols, & Mata (2004) la aplicación del AMEF por los grupos de trabajo implicados en las instalaciones o procesos productivos de los que son en parte conductores o en parte usuarios en sus diferentes aspectos, aporta un mayor conocimiento de los mismos y sobre todo de sus aspectos más débiles, con las consiguientes medidas preventivas a aplicar para su necesario control. Normalmente este método, es implementado en todas las fases de elaboración del producto, en este caso el agua embotellada, previene inconvenientes asociados a la pérdida de competitividad frente a las empresas que desarrollan un mejor e innovador diseño del sistema hídrico.

Como todo método de análisis preventivo persigue objetivos, los cuales se procedió a ilustrar en la figura 2, en la que se muestran el conjunto de objetivos que tiendan a ser logrados de manera exitosa con este método cuando se procede a implementar en las empresas, en este caso se ejemplifico para la planta purificadora de agua.

Figura 2: Objetivos AMEF: plantas purificadoras de agua.

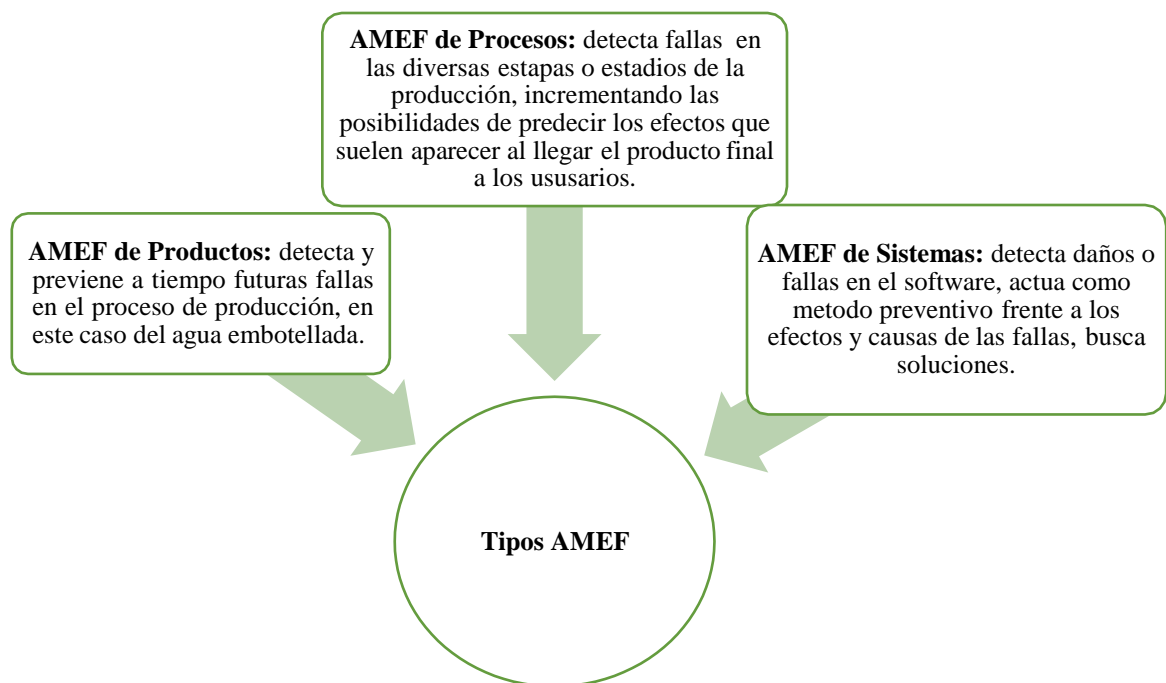


Fuente: Elaboración propia.

Se considera en la figura 2 los objetivos del método AMEF, en su conjunto desean brindar un servicio apropiado a los equipos de la planta purificadora de agua, así como involucrar a todo el personal para obtener un producto hídrico de calidad al más bajo costo.

El método AMEF requiere de documentos dinámicos, debido a que es mediante este método que se procede a realizar el análisis dentro de la planta purificadora de agua, para adquirir y reorganizar la información acerca del producto final, del funcionamiento de los equipos y del sistema como tal, para ello, es esquema a seguirse, se presenta en la siguiente figura 3, tal es el caso de los tipos de Análisis modo y efecto de fallas, estos, pueden ser elegidos por las empresas para llevarlos a la acción y funcionamiento.

Figura 3: Tipos procedimiento seguido en la aplicación del método AMEF



Fuente: Elaboración propia.

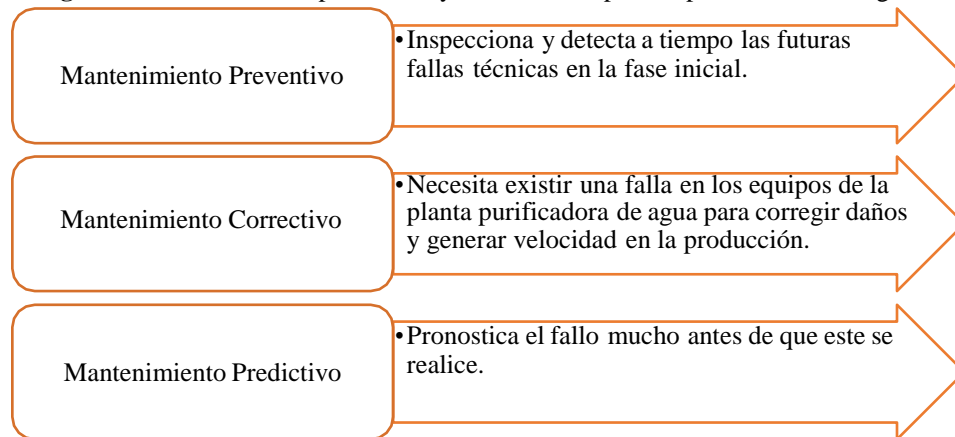
Se visualiza en la figura 3, los tipos de procedimiento empleado en AMEF, los cuales pueden implementarse en una planta purificadora de agua, considerándose que estos enriquecen los procedimientos para la elaboración de la producción ya existente, al ser un análisis flexibles no necesitan un escenario específico de las operaciones, se reafirma que el método análisis modo y

efecto de las fallas es un recurso significativo de soporte para el diseño de procesos y fases de documentación y productos.

El método AMEF, que se propone para su empleo en a las plantas purificadoras de agua pretende que la empresa productiva alcance un desempeño optimo, para ello, está correlacionado con los diversos tipos de mantenimiento existentes. En determinados casos o situaciones, las industrias pueden seleccionar múltiples y/o varios tipos de mantenimiento, según la necesidad de los equipos y recursos económicos.

Para un adecuado manejo de una planta purificadora de agua, es necesario que estas sostengan de manera planificada un mantenimiento netamente preventivo y, las veces que sea necesario, un servicio correctivo, comprendiendo que estos son los más implementados, sin embargo el mantenimiento predictivo es viable, pues, valora las condiciones de la maquinaria y/o equipos, para así poder recomendar una adecuada intervención evitando egresos económicos innecesarios. De esta forma, se puede avalar que las operaciones de la planta son excelentes y que las características del producto final cumplan con los mejores estándares y normativas.

Figura 4: Mantenimiento preventivo y correctivo en plantas purificadoras de agua.



Fuente: Elaboración propia.

El método AMEF también ayuda en el análisis preventivo de los fallos potenciales más probables que puede tener un producto, sus sistemas o una funcionalidad de éste. La ocurrencia de fallos genera una serie de sobre costos en los procesos, como pueden ser pérdida de rendimiento o la parada imprevista de cualquiera de las funciones del producto diseñado o analizado, ocasionando reclamaciones de los clientes (Progressa Lean, 2016).

Hernández (2013) expresa que el mantenimiento preventivo se refiere a las acciones, tales como; reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, entre otras. Realizadas en períodos de tiempos (en función al calendario o uso de los equipos). Por lo que el objetivo del mantenimiento preventivo, es incrementar al máximo la disponibilidad de los recursos, alguno autores han señalado que el mantenimiento preventivo fue introducido en Japón en la década de los cincuenta en conjunto con otras ideas como las de control de calidad (Rodríguez, 2014).

De acuerdo a lo antes señalado, es posible conocer y detectar las causas de las fallas que recurrentemente se presentan en el proceso de instalación, llamada fase inicial para solucionarlas a tiempo. Además, este tipo de mantenimiento preventivo, tiene como propósito generar una producción continua y para proveer un producto en este caso, un líquido de calidad.

Sin embargo, en palabras de Datadec (2019), el mantenimiento preventivo es aquel que se enfoca en garantizar el buen estado del equipo a partir de un plan de trabajo que evite que se produzcan averías, son tareas como el cambio de aceite de una máquina, la limpieza adecuada o las inspecciones de la instalación. Según los expertos, este es el mantenimiento más eficiente para garantizar el buen estado de los equipos con el menor coste. Se realiza de forma rutinaria, con el fin de alargar todo lo posible la vida útil de las máquinas. No obstante, este tipo mantenimiento, asegura un monitoreo eficaz en el caso de existir un evento inesperado a pesar de generar egresos económicos altos, sin embargo, lo más importante es la seguridad y distribución del tiempo.

Según, Pastrana (2019), el mantenimiento correctivo consiste en intervenir con una acción de reparación, cuando el fallo se ha producido, restituyéndole la capacidad de trabajo a la máquina. Admite también acciones de limpieza y lubricación con carácter preventivo y acorde en general con recomendaciones y exigencias de los fabricantes. Las acciones de reparación se pueden clasificar en pequeñas, medias y generales. El sistema correctivo era el más utilizado prácticamente hasta mediados del siglo XX. Este estilo de mantenimiento, es aplicado cuando es detectada una falla dentro del proceso de purificación del agua, caso contrario, es anulado, de ahí, solo se aplica cuando exista un desperfecto. Básicamente, la implementación de este mantenimiento en la planta de agua, depende en el daño o falla del equipo, para arreglarlo y llevarlo para una producción más rápida y a bajo costo, en otras palabras un mantenimiento correctivo determinado por la falla imprevista y salida de funcionamiento de un equipo (Urbano, 2006).

El mantenimiento correctivo, a pesar de que por su definición pueda parecer una actitud despreocupada de atención a los equipos, lo cierto es que este tipo de mantenimiento es el único

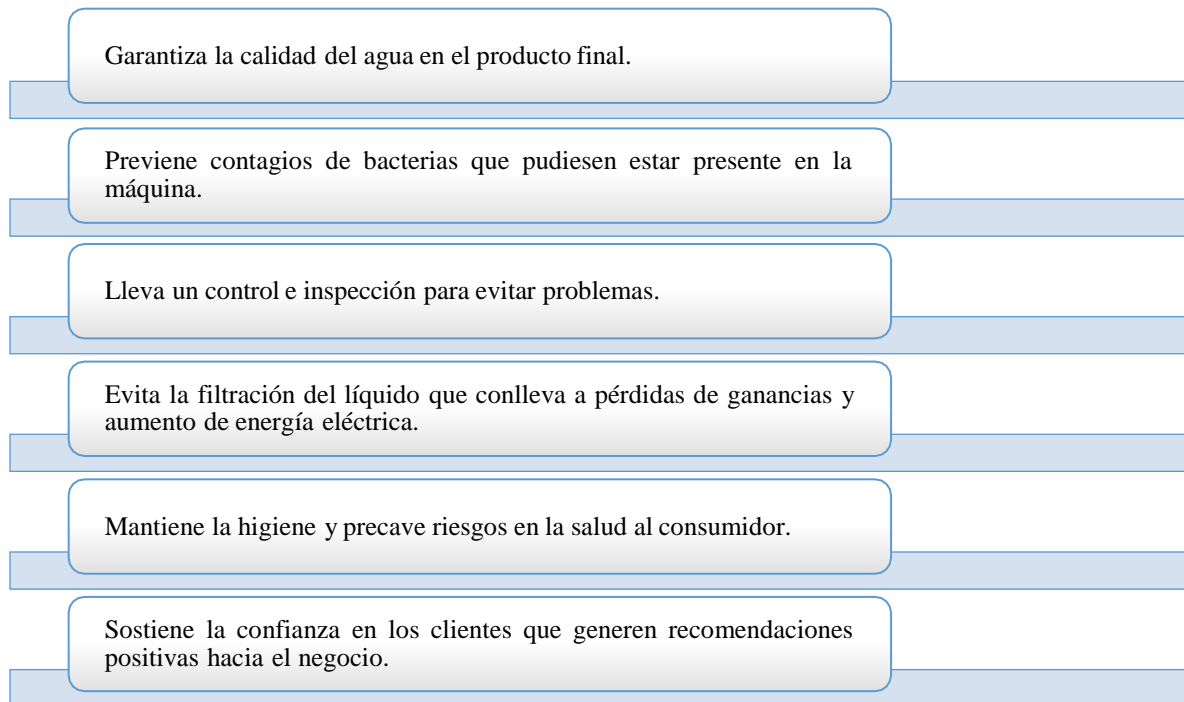
que se practica en una gran cantidad de industrias, y en muchas ocasiones esto está plenamente justificado, especialmente en aquellos casos en los que existe un bajo coste de los componentes afectados, y donde los equipos son de naturaleza auxiliar y no directamente relacionados con la producción. En otros casos, cuando el fallo de los equipos no supone la interrupción de la producción, ni siquiera afecta a la capacidad productiva de forma instantánea, las reparaciones pueden ser llevadas a cabo sin perjuicio de esta. En estos casos, el costos derivado de la aparición de un fallo imprevisto en el equipo es, sin lugar a duda, inferior a la inversión necesaria para poner en práctica otro tipo de mantenimiento más complejo (Ballinas , 2012).

A pesar del alto costo que implica el desarrollo del mantenimiento predictivo, Sánchez (2017) expresa que hoy en día es el tipo de mantenimiento más implementado en las industrias gracias a la ventaja que posee de poder mostrar en cualquier instante de tiempo el estado general de cada una de las máquinas de la planta permitiendo controlar su óptimo funcionamiento. Mismo que verifica un sinnúmero de comprobaciones en las maquinarias que tienden a deteriorarse, mediante equipos elites en tecnología, previniendo potencialmente fallas irreparables, generalmente las mediciones son realizadas cuando el equipo está en funcionamiento.

Actualmente, la productividad de las plantas purificadoras de agua es mayor, se efectúa una decisión frente a la selección del tipo de cuidado, considerando la no afectación del recurso hídrico embotellado durante y final, por lo tanto, se determina al mantenimiento predictivo como un pronosticador del fallo en la maquinaria a través del seguimiento y observación directa. Es indudable que el aumento de la vida operativa de los equipos a través de una estrategia de mantenimiento predictiva disminuye los costos de mantenimiento e incrementa la productividad de las industrias (Adriano, 2016).

Cada uno de los tipos de mantenimientos expuestos anteriormente, permiten predecir los lapsos deterioros en las maquinarias de las plantas purificadoras de agua, por lo que empleando el método AMEF, se podrá dar solución a las posibles fallas, los equipos y todo el proceso sistemático ha mejorado, es decir, existe una evolución permanente para cubrir las necesidades de las empresas. En virtud de ello, se comprende finalmente que el mantenimiento son un sinnúmero de acciones-técnicas que facilitan normalizar la marcha de los equipos de una planta purificadora de agua. A continuación se presenta detalladamente, la importancia de brindarle un tipo de mantenimiento a una planta purificadora de agua:

Figura 5: Importancia del mantenimiento a una planta purificadora de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Como se visualiza en la figura 5, la importancia de los mantenimientos en las plantas purificadoras de agua, radica en garantizar un producto de calidad apto para el consumo humano, eliminando todo tipo de contaminantes, previniendo y detectando a tiempo falencias que podrían perjudicar la fabricación del recurso hídrico.

Proceso purificador del recurso hídrico

El líquido vital, que consumen las familias en el mundo, pasa por un proceso purificador, en este trayecto el agua tiende a contaminarse con elementos externos ocasionados al escaso mantenimiento de las tuberías, trayendo microorganismos que afecten la salud del usuario, sin embargo, una acorde intervención generará éxito para el uso hídrico. Como expresa nuevamente Chulluncuy (2011), en el tratamiento del agua para consumo humano se emplean diferentes procesos; la complejidad de estos dependerá de las características del agua cruda. A continuación, se puede apreciar a breve rasgo los pasos para el proceso purificador del recurso hídrico desde una planta de agua.

Figura 6: Proceso purificador del recurso hídrico.



Fuente: Elaboración propia

La figura 6, representa el clásico proceso purificador de agua, según refieren Lugo & Lugo (2018), comprende el uso de tecnologías, en las que se llevan a cabo diversos procesos de tratamiento, cuya finalidad es la de remover contaminantes en el agua hasta ciertas concentraciones, que no representen riesgo para la salud humana. Los procesos de potabilización son muy variados, y van desde una simple desinfección, para eliminar los patógenos, que se hace generalmente mediante la adición de cloro, mediante la irradiación de rayos ultravioletas, mediante la aplicación de ozono, entre otros (Cordero & Ullauri, 2011).

Para Rossi (2017), la potabilización también puede realizarse a través de uno o varios métodos combinados. El tipo de tratamiento dependerá del uso que se le dé al agua en el proceso, por ejemplo, si el agua se utilizara como ingrediente debe asegurarse que se elimine la mayor cantidad de microorganismos y sustancias que puedan comprometer su inocuidad. Para que este proceso sea exitoso, las empresas purificadoras de agua deben implementar tratamientos enfocados en quitar sustancias tóxicas, gérmenes o impurezas. El tratamiento es el proceso que elimina la gran mayoría o la totalidad de la sustancia a eliminar siendo el procedimiento principal. Puede estar solo, es decir, no necesita obligatoriamente de pretratamiento y postratamiento. Este procedimiento abarca todas las técnicas de tratamiento de agua (Ferrer, 2018).

La adecuada purificación del recurso hídrico, tiene un sinnúmero de propósitos que van desde la producción de los mejores componentes químicos, la desinfección de alimentos y el consumo de este líquido vital, es decir, erradicar por completo los desechos contaminantes en base al reglamento y normativas de la salud.

Ventajas y desventajas de las plantas purificadoras de agua

No obstante, las plantas purificadoras son un complemento para el agua potable que suministran los gobiernos centrales, por ello, la demanda de tener un personal altamente capacitado es emergente, mismos que manejaran los equipos y distribución de acuerdo con la normativa y salubridad. La comercialización de este tipo de bebidas así como la presencia de equipos domésticos para la purificación, muestra que la pureza del agua es deseable para la salud, a la vez que un elemento importante de interés para el consumidor de las sociedades desarrolladas (Dirié, 2019).

Para Molina, Izquierdo, & Pauta (2019), refieren que en cuanto al estudio de impacto ambiental el diseño y construcción de una planta purificadora de agua casera, no interpone grandes impactos al ambiente que la rodea o a algún cambio que implique movimientos de tierra y obras de carácter civil, o como la instalación de una industria. Sin embargo, la función elemental del procedimiento previamente mencionado es el saneamiento hídrico, que exige eficiencia y calidad para el consumo humano.

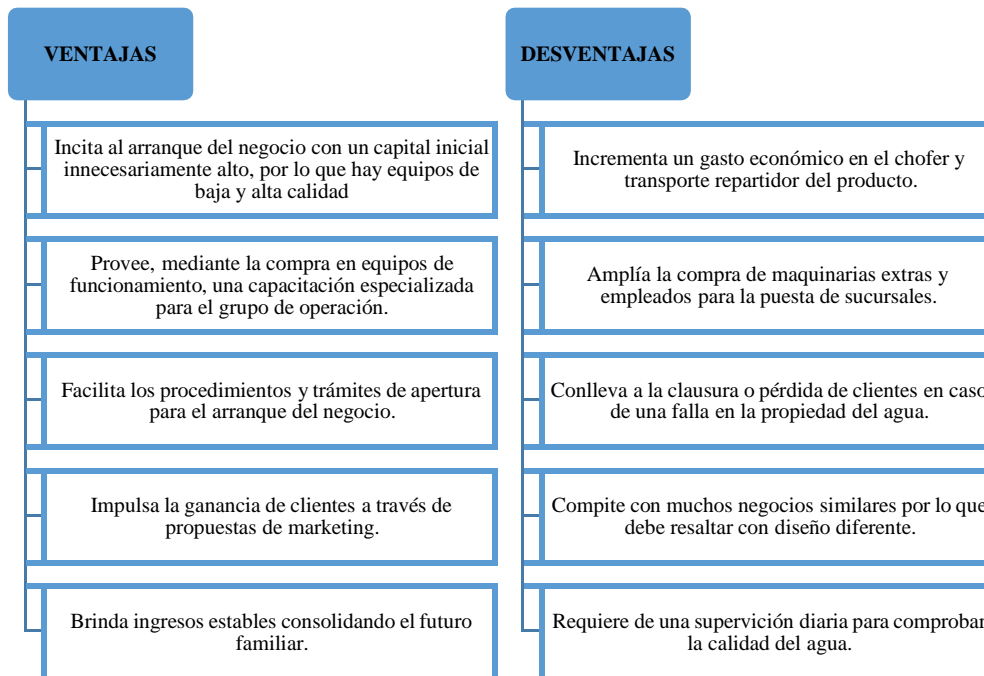
El mantenimiento en las plantas purificadoras cumple la función doble función, la de garantizar agua purificada que sea saludable y de la más alta calidad, y a la vez resguardar la vida útil de los equipos, que puede ser afectada por diversas situaciones, por ejemplo, una filtración ineficiente debido a que los filtros que se encargan de retener los contaminantes no son limpiados adecuadamente o remplazados. Para el correcto funcionamiento de una planta purificadora de agua, es indispensable considerar la ubicación territorial, pues, caso contrario, como expresan podrían existir algunos inconvenientes como adquirir un vector tanto de plagas como enfermedades (Hernández, Mercado, & Gómez, 2017)

En palabras de Moreno (2011) ,el papel que cumple el agua en las industrias tiene gran importancia, ya que estas, usan un porcentaje considerable del agua mundial en procesos tales como la refrigeración, evaporación, como disolvente, como complemento para sus procesos, como agua potable para el uso diario de los empleados, entre otros. Es fundamental prestar atención para adquirir los beneficios del recurso hídrico, en este sentido, se debe realizar un adecuado procedimiento de los tratamientos y filtraciones, mismos que favorecen la purificación y potabilización del líquido vital. Se debe recordar que el agua embotellada está en un sistema cerrado, a diferencia del agua potable tomada de la llave que fluye por tubos. Una vez que el

contenedor está lleno y sellado, el agua embotellada puede permanecer sobre el anaquel de la tienda de comestibles o almacenada en la casa durante semanas o a veces meses (Díaz & et, 2007). Pacheco (2015) aporta que Uno de los aspectos más importantes en la discusión tanto de la privatización del agua como de la mercantilización del recurso hídrico es una discusión macro sobre el papel de los municipios. Ahora, si bien es cierto, las plantas purificadoras de agua necesitan para su adecuado funcionamiento cumplir con parámetros y revisiones de pruebas de calidad, surge, la inquietud en conocer a profundidad si estas desean beneficiar a la sociedad en una mejor calidad de vida o es un medio comercial que produce altos ingresos económicos y satisface los niveles socioeconómicos.

Al respecto, es necesario conocer detalladamente los beneficios y complicaciones que implica invertir en una planta purificadora de agua, claro está, desde una perspectiva empresarial/privada.

Figura 7: Ventajas y desventajas desde la perspectiva empresarial de una planta purificadora de agua.



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 7, adquirir una planta de agua purificadora, desde la perspectiva y visión empresarial tiende a resultar altos beneficios, mismos que son atribuidos a la parte económica, sin embargo, frente a esta situación es fundamental considerar el otro lado de la balanza respecto a las posibles complicaciones o desventajas que aparecerán durante el funcionamiento de la planta. A pesar de que el agua está presente en todas partes y el acceso a la

misma para el consumo debería ser fácil, el mercado del agua forma parte de grandes intereses económicos y geopolíticos en donde el mensaje de que es necesario comprar agua se mueve en las sociedades (Dirié, 2019).

Finalmente, es adecuado señalar que la calidad del agua, depende de múltiples factores y su mejora estará relacionada con la calidad del mantenimiento brindado a los equipos empleados en la purificación, así como también, es debido a la implantación de barreras múltiples en las tomas de los recursos hídricos, la selección, aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada (Barrios, Basurdo, y Vázquez, 2016), por todo esto estudio como el presentado, brindan alternativas para efectuar el proceso de mantenimiento industrial a plantas purificadoras.

Conclusiones

El método análisis modo y efecto de fallas, es la parte medular en el proceso de planificación y selección del tipo de mantenimiento en una planta purificadora de agua, por lo tanto todo el personal profesional debe comprender con claridad su aplicación. Además de ser una metodología sencilla y precisa, direcciona con facilidad hacia la comprensión de la manera en la que opera, funciona y probablemente falla el sistema de la planta purificadora de agua.

El mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo para las plantas purificadoras de agua, son los más aplicados debido a las funciones que desempeñan, permitiendo el adecuado funcionamiento y detectando a tiempo los márgenes de error en productividad, además de, asegurar que el líquido vital esté libre de contaminantes, estos procesos de mantenimientos son controlados a través de la transformación del agua cruda en recurso hídrico potable.

El mantenimiento como tal, es el punto central para la preservación, cuidado de los equipos e infraestructura, proporcionando una mejor confiabilidad, eficacia y productividad de la planta purificadora de agua. Actualmente la importancia de la conservación en las plantas purificadoras de agua, genera alta demanda económica y profesional. Todos los tipos de mantenimiento: preventivo, correctivo y predictivo tienen el mismo objetivo: conservar la función objetivo, es necesario aplicarlos con precisión para adquirir otros propósitos como el monitoreo de las instalaciones de la planta purificadora de agua, mediante el respaldo del método AMEF.

Referencias

1. Adriano, C. (2016). “Desarrollo de un modelo de análisis de fallas, riesgos para el mejoramiento de la eficiencia en la gestión del mantenimiento de la estación de bombeo Amazonas. Riobamba: dspace epoch. Obtenido de <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/4594/1/20T00673.pdf>
2. Aguiar, L., & Rodríguez, H. (2014). Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacinal en la línea de producción de gaseosa. Bogotá: Repository Unilibre. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7838/Doc%20Final%20Proyecto%20Armando%20y%20Leonardo%20sustentacion.pdf?sequence=1>
3. Aguilar, J., Torres , R., & Magaña , D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia, Educación, 25(1), 15-26. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/482/48215094003.pdf>
4. Ballinas , J. (2012). Ejecución y ajuste del modulo de mantenimiento Eam de Oracle. Tuxtla: Repositoriodigital Tuxtla. Obtenido de <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1399/MDRPI M2012038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Barrios, S., Basurdo, M. y Vázquez, M. (2016). Control de calidad de la planta purificadora de agua en la Diciva. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1(2), 201-206. Obtenido de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/2/36.pdf>
6. Bestratén, M., Orriols, R., & Mata, C. (2004). Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. Notas técnicas de prevención, 1-8. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_679.pdf/3f2a81e3-531c-4daa-bfc2-2abd3aaba4ba
7. Cordero, M., & Ullauri, P. (2011). Filtros caseros, utilizando ferrocemento para 10 familias. Cuenca: Repositorio Dspace Ucuenc. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/747/1/ti874.pdf>
8. Datadec. (Sep de 2019). Mantenimiento preventivo Vs correctivo: datadec. Obtenido de Datadec: <https://www.datadec.es/blog/mantenimiento-preventivo-vs-correctivo>

9. Díaz, J. (2007). ¿El agua embotellada es adecuada? *Academia*, 6(11), 2-12. Obtenido de <http://revencyt.ula.ve/storage/repo/ArchivoDocumento/academia/v6n11/articulo1.pdf>
10. Dirié, J. (2019). Proyecto de Planta Purificadora y Envasadora de Agua Desarrollo del Plan de Negocios. Paraná : Repositorio digital Unsam. Obtenido de <http://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/1114/1/TFPP%20EEYN%202019%20DJS.pdf>
11. Domos Agua. (29 de Marzo de 2018). Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua: Domos Agua. Obtenido de Domos Agua: <https://www.domosagua.com/blog/mantenimiento-de-plantas-de-tratamiento-de-agua>
12. Ferrer, P. (2018). Diseño de un proceso de producción de agua ultrapura para la industria alimentaria. Valencia: Repositorio Riunet. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/113311/FERRER%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20un%20proceso%20de%20producci%C3%B3n%20de%20agua%20ultrapura%20para%20la%20industria%20alimentaria%20con%20u...pdf?sequence=1&isAllowed=y>
13. Fountain, H. (23 de Octubre de 2019). ¿Cuánto cuesta desalinizar el agua que necesita el mundo?: nytimes. Obtenido de Nytimes: <https://www.nytimes.com/es/2019/10/23/espanol/mundo/agua-desalinizada.html>
14. Guzman, C. (2013). Plan de análisis de modos/efectos de falla y plan de mantenimiento para una máquina industrial lavadora de prendas. Cali: Red uao. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/5002/TME01384.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Hernandez, E., & Pérez, H. (2017). Análisis de modo y efecto de la falla en el proceso de extrusión soplado en placa S.A. Bogotá: Repository udistrital. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6110/GaleanoHern%c3%a1ndezEdward2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Hernández, L., Mercado, A., & Gómez, D. (2017). Filtración del agua mediante reursos naturales. Bolivia: Repository Upb. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3229/FILTRACI%C3%93N%20DEL%20AGUA%20MEDIANTE%20RECURSOS%20NATURALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

17. Hernández, S. (2013). Elaboración de un manual de mantenimiento preventivo de la embotelladora de agua osmopurificada Tepetchia. TUXTLA: Repositorio digital. Obtenido de <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/712/48404.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. Lugo, J., & Lugo, E. (2018). Beneficios sociambientales por potabilización de agua en los pueblos palafíticos de la ciénaga grande de Santa Marta-Colombia. *Rev. U.D.C.A Act.& Div. Cient.* , 2(1), 259-264. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v21n1/0123-4226-rudca-21-01-00259.pdf>
19. Molina, V., Izquierdo, J., & Pauta, R. (2019). Incidencias para implementar una plnara doméstica para mejorar la calidad del agua potable en un sector emergente. *Revista Ciencia eInvestigación*, 4, 251-267. Obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/772/594>
20. Moreno, J. (2011). Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa. Santiago de Cali: Red uao. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3077/TBM00990.pdf;jsessionid=D42D2D37051540D6E5885DDF1ECDCA47?sequence=1>
21. Pacheco, R. (2015). Agua embotellada en México: de la privatización del suministro a la mercantilización de os recursos hídricos. *Espiral*, 22(63), 221-263. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/espiral/v22n63/v22n63a7.p>Pastrana, A. (2019). Propuesta de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), en la Planta envasadora de garrafón. Xapla: Cdigital nuv. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/49426/PastranaLopezAriana.pdf?sequence=1>
22. Progressa Lean. (25 de Enero de 2016). Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE). Obtenido de Progressa Lean: <https://www.progressalean.com/analisis-de-modos-de-fallo-y-efectos-amfe/>
23. Quecedo, R., & Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, 14, 5-39. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/175/17501402.pdf>
24. Quiroga, G. (2019). Propuesta para la aplicación de la metodología AMFEC, en una maquina productora de servilletas. Guayaquil: repositorio ug.edu. Obtenido de

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/42256/1/PROPUESTA%20PARA%20LA%20APLICACION%20DE%20LA%20METODOLOGIA%20AMFE%20EN%20UNA%20MQUINA%20PRODUCTORA%20DE%20SERVILLETAS%20EN.pdf>

25. Rodríguez, E. (2014). Propuesta de un programa de mantenimiento aplicando TPM en el area de lavado . Tuxtla: repositorio digital Tuxtla. Obtenido de <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/825/49420.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
26. Pérez-Rodríguez, J. A., Rodríguez-Borges, C. G., Rodríguez, M., & Villacreses, C. F. (2020). Espacios maker: herramienta motivacional para estudiantes de ingeniería eléctrica de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. *Espacios*, 41(02). Retrieved from <https://www.revistaespacios.com/a20v41n02/a20v41n02p12.pdf>
27. Pérez Rodríguez, J. A., Rodríguez Borges, C. G., Pérez, A. V., & Bowen, C. A. (2020). Emulation of System as Strategy for Teaching of Mechanical System. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(2). Retrieved from <https://www.psychosocial.com/article/PR200368/9917/>
28. Rodríguez-Borges, C. G., Bowen-Quiroz, C. A., Pérez-Rodríguez, J. A., & Rodríguez-Gámez, M. (2020). Evaluación de las capacidades de aprendizaje colaborativo adquiridas mediante el proyecto integrador de saberes. *Formación universitaria*, 13(6), 239-246. Retrieved from https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50062020000600239&lng=es&nrm=iso
29. Rodríguez -Borges, C. G., Perez Rodriguez, J. A., Lituma Ramirez, E. D., & Perez Baltar, A. B. (2020). Software Development for Transformer Model Supporting Significant Learning Electrical Machines. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(2). Retrieved from <https://www.psychosocial.com/article/PR200373/9933/>
30. Rodríguez Borges, C., Vazqu ez, A., Zambrano, D., Naranjo, E., Perero, G. (2020). Criteria to Determine the Energy, Economic, Social and Environmental Prefeasibility of Isolated Photovoltaic System. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*(12), 691-702. Retrieved from <https://www.jardcs.org/abstract.php?id=4775>
31. Rossi , G. (2017). Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria de zonas rurales. Arequipa: Repositorio Unsa. Obtenido de

- <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5965/SErosagm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
32. Salazar, B. (1 de Noviembre de 2019). Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF): ingenieriaindustrial. Obtenido de ingenieriaindustrial: [https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20del%20Modo%20y%20Efecto%20de%20Fallas%20\(AMEF\)%2C,un%20m%C3%A9todo%20documentado%20de%20prevenci%C3%B3n.](https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20del%20Modo%20y%20Efecto%20de%20Fallas%20(AMEF)%2C,un%20m%C3%A9todo%20documentado%20de%20prevenci%C3%B3n.)
 33. Sánchez, A. (2017). Técnicas de mantenimiento predictivo. Metodología de aplicación en las organizaciones. Bogotá: Repositorio Ucatolica. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15585/1/T%C3%89CNICAS%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREDICTIVO.%20METODOLOGIA%20DE%20APLICACION%20EN%20LAS%20ORGANIZACIONES.pdf>
 34. Toro, R. (13 de Julio de 2020). Mantenimiento Preventivo: fracttal. Obtenido de <https://www.fracttal.com/>: <https://www.fracttal.com/es/mantenipedia/mantenimiento-preventivo>
 35. Torrecilla, J. (2014). Mantenimiento y fiabilidad: riuma. Obtenido de Riuma.uma: <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/13319/Mantenimiento%20y%20fiabilidad.pdf?sequence=1>
 36. Urbano, R. (2006). Rutinas de mantenimiento técnico de los equipos asociados a los sistemas de dosificación de polímero y cloruro férrico. Santiago de Cali: Red Uao. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6294/T04305.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 37. Uriarte, J. (9 de Marzo de 2020). Investigacion documental. Obtenido de Caracteristicas: <https://www.caracteristicas.co/investigacion-documental/>