

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

“Estudio del mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos de Planta Casigana de la empresa pública EMAPA Ambato”.

Trabajo de titulación bajo la modalidad Estudio Técnico.

AUTOR

Fabián Alejandro Yanca Cáceres

TUTOR

Ing. Pedro Segundo Muzo Villacís M.Sc.

AMBATO-ECUADOR

2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor de trabajo de investigación, nombrado por el H. Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

CERTIFICO

Que el informe de Investigación Científica, “Estudio del mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos de Planta Casigana de la empresa pública EMAPA Ambato” para el “TEMA”, presentado por el estudiante Fabián Alejandro Yanca Cáceres, estudiante de la Facultad de Ingeniería Industrial, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinado por el H. Consejo Superior designe.

Ambato, Junio del 2017

TUTOR

Ing. Pedro Segundo Muzo Villacís M.Sc.

C.I: 180123755-1

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

El contenido del presente trabajo de investigación sobre el tema “Estudio del mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos de Planta Casigana de la empresa pública EMAPA Ambato”, así como sus ideas, opiniones, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones; excepto las citas bibliográficas, son exclusiva responsabilidad de su autor.

Fabián Alejandro Yanca Cáceres

C.I: 180431854-9

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Fabián Alejandro Yancha Cáceres, declaro ser autor del Proyecto de Tesis titulado “Estudio del mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos de Planta Casigana de la empresa pública EMAPA Ambato”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 8 días del mes de Agosto de 2017, firmo conforme:

Autor: Fabián Alejandro Yancha Cáceres

Firma

Número de Cédula: 180431854-9

Dirección: Miraflores Alto calle La Floreana 03-369

Correo Electrónico: fabyaleyancha@gmail.com

Teléfono: 0983188084

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado designados por el consejo directivo aprueban el trabajo escrito de investigación de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Tecnológica Indoamérica para el Título de Ingeniero Industrial.

Ambato, Agosto del 2017

Para constancia firman:

.....

Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida; Mg.

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

.....

Ing. Isabel Marina Quinde Cuenca; Mg.

VOCAL DE TRIBUNAL

.....

Ing. Fernando David Saá Tapia; Mg.

VOCAL DE TRIBUNAL

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mi madre y padre que con su apoyo incondicional y siempre han estado conmigo motivándome para lograr culminar mi carrera universitaria, de igual manera a mi esposa e hijo que han sido los motores para lograr las metas planteadas, su ejemplo de lucha y constancia al realizar las cosas me han enseñado a no rendirme frente a cualquier circunstancia; a mis docentes que me han guiado durante todo este proceso de preparación académica. A Dios que ha sido mi guía en toda mi vida y me ha ayudado a alcanzar mis objetivos.

Fabián Alejandro Yanha Cáceres

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme culminar un logro más en mi vida.

A la Universidad Tecnológica Indoamérica, por haberme permitido formar parte de este grupo de futuros profesionales con una educación de calidad.

A la empresa EMAPA Ambato por brindarme las facilidades de aportar con el estudio técnico en una de sus plantas de tratamiento; y de igual manera a los docentes y personas que me colaboraron para la realización de este proyecto, les quedo eternamente agradecido.

Fabián Alejandro Yancha Cáceres

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| PORTADA..... | i |
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | ii |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA..... | iii |
| AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | iv |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO | v |
| DEDICATORIA | vi |
| AGRADECIMIENTO..... | vii |
| Resumen..... | xiii |
| Abstract | xiv |

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

| | |
|----------------------------|---|
| Tema..... | 1 |
| Introducción | 1 |
| Árbol de Problemas..... | 4 |
| Análisis crítico | 5 |
| Antecedentes | 5 |
| Justificación..... | 6 |
| Objetivo General | 8 |
| Objetivos Específicos..... | 8 |

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

| | |
|---|----|
| Delimitación del objeto de la investigación | 9 |
| Enfoque | 9 |
| Justificación de la metodología..... | 10 |

| | |
|---|----|
| Población y muestra | 11 |
| Diseño del trabajo | 12 |
| Procedimiento para obtención y análisis de datos..... | 14 |

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|-------------------------------------|----|
| Desarrollo de la Investigación..... | 15 |
|-------------------------------------|----|

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|----|
| Interpretación de resultados | 46 |
| Contraste con otras investigaciones | 47 |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|----------------------|----|
| Conclusiones | 49 |
| Recomendaciones..... | 50 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 51 |
| ANEXOS..... | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 1 Árbol de problemas. | 4 |
| Figura N° 2 Disponibilidad de los equipos del sistema de bombeo Nuevo Amanecer. | 26 |
| Figura N° 3 Disponibilidad de los equipos del sistema de bombeo para consumo interno de la planta Casigana | 27 |
| Figura N° 5 Comparación del OEE..... | 43 |
| Figura N° 4 Resultados del IPR aplicando las acciones mejoradas. | 45 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla N° 1 Matriz de Operacionalización de la Variable Independiente Mantenimiento Preventivo..... | 12 |
| Tabla N° 2 Matriz de Operacionalización de la Variable Dependiente disponibilidad de equipos..... | 13 |
| Tabla N° 3 Obtención y tratamiento de la información | 14 |
| Tabla N° 4 Bombas de la estación para el consumo interno de la Planta Casigana. | 15 |
| Tabla N° 5 Bombas de la estación Nuevo Amanecer. | 15 |
| Tabla N° 6 Registro de paras de equipo del mes de Enero. | 18 |
| Tabla N° 7 Registro de paras de equipo del mes de Febrero. | 19 |
| Tabla N° 8 Registro de paras de equipo del mes de Julio. | 20 |
| Tabla N° 9 Registro de paras de equipo del mes de Agosto. | 21 |
| Tabla N° 10 Registro de paras de equipo del mes de Noviembre..... | 22 |
| Tabla N° 11 Promedio de tiempo de paras de los equipos en horas | 24 |
| Tabla N° 12 Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario | 28 |
| Tabla N° 13 Clasificación de la gravedad del modo fallo según consideración para la empresa..... | 29 |
| Tabla N° 14 Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo. | 29 |
| Tabla N° 15 Clasificación de la frecuencia del modo fallo según consideración para la empresa..... | 30 |
| Tabla N° 16 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo. | 30 |
| Tabla N° 17 Clasificación de la detectabilidad del modo fallo según consideración para la empresa..... | 31 |
| Tabla N° 18 Análisis modal de fallos y efectos actual. | 32 |
| Tabla N° 20 Distribución del Tiempo en Planta. | 37 |
| Tabla N° 21 Tiempo de distribución en planta de la bomba del sistema de consumo interno B1..... | 38 |
| Tabla N° 22 Tiempo de distribución en planta de la bomba del sistema de consumo interno B2..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Tabla N° 23 Tiempo de distribución en planta de la bomba del sistema Nuevo Amanecer B1..... | 40 |
| Tabla N° 24 Tiempo de distribución en planta de la bomba del sistema Nuevo Amanecer B2..... | 41 |
| Tabla N° 25 Comparación del OEE..... | 43 |
| Tabla N° 19 Análisis modal de fallos y efectos con acciones recomendadas..... | 44 |

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INDUSTRIAL

Tema: “Estudio del mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos de Planta Casigana de la empresa pública EMAPA Ambato”.

Autor: Fabián Alejandro Yancha Cáceres

Tutor: Ing. Pedro Segundo Muzo Villacis M.Sc.

Resumen

En el presente proyecto el objetivo principal consiste en realizar el estudio del mantenimiento preventivo para conocer la disponibilidad actual de los equipos de Planta de Tratamiento de Agua Potable “Casigana”. Dicha planta cuenta con dos Estaciones de Bombeo a las que se les denomina: Estación de Bombeo para el Consumo Interno de la Planta; y Estación de Bombeo para la Comunidad Nuevo Amanecer, las cuales están conformadas de dos bombas. En cada estación las bombas funcionan de una forma rotativa puesto que la empresa debe suministrar agua potable las 24 horas todos los días del año. Se utilizó el método de Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMFE), para conocer las distintas fallas con sus respectivas causas y efectos; con el cual se conoció que el índice de prioridad de riesgos es alto. También en esta investigación se utilizó la Herramienta de Efectividad Global (OEE) de los equipos, encontrando que la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de ellos están dentro de los valores aceptables, según la clasificación del OEE al proceso se lo considera como bueno. Para poder lograr obtener estos resultados se realizaron los registros de fallas porque la empresa no constaba con este tipo de registros, este estudio fue realizado en el período Enero-Diciembre del año 2016. Al culminar esta investigación se ha podido demostrar que la empresa es competitiva en el mercado.

Descriptor: AMFE, Competitividad, Disponibilidad, Estación de Bombeo, OEE, Mantenimiento.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INDUSTRIAL

Topic: “Study of preventive maintenance and its incidence on the availability of the equipment of “Casigana” Plant of the public company EMAPA Ambato”.

Autor: Fabián Alejandro Yancha Cáceres

Tutor: Ing. Pedro Segundo Muzo Villacis M.Sc.

Abstract

The aim of this project is to carry out the study of preventive maintenance to know the current availability of the equipment of drinking water treatment plant "Casigana". This plant has two Pumping Stations which are called Pumping Station for the Internal Consumption of the Plant and Pumping Station for the “Nuevo Amanecer” Community, which are made up by of two pumps. At each station, the pumps work in a rotating way, because the company must supply potable water 24 hours every day of the year. The method Failure Mode and Effects Analysis (AMFE) was used, which will allow to know the different faults with their respective causes and effects; with this it was able to know that the risk priority index is high. In this research, it was also had used the Overall Equipment Effectiveness tool (OEE), finding that the availability, performance and quality of them are within the acceptable values, according to the classification of the OEE to the process which is considered acceptable. In order to be able to obtain these results records of failures were done because the company did not have these type of fault records, this study was carried out in the January-December period of 2016. At the end of this research it has been possible to prove that the company is competitive in the market.

Descriptors: AMFE, Competitiveness, Availability, Pumping Station, OEE, Maintenance.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Tema

Estudio del mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos de Planta Casigana de la empresa pública EMAPA Ambato.

Introducción

El Banco Internacional de Desarrollo (Pedraza, y otros, 2011 pág. 15) mantienen que “El mantenimiento preventivo de una instalación de bombeo es el tipo de mantenimiento programado, que se lleva a cabo con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas.”, así que el realizar actividades de prevención a los equipos servirá para prevenir fallas de estos e impedir que la producción se pare, además de conservar la disponibilidad y la vida útil de los mismos.

El mantenimiento en el Ecuador a lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX ha atravesado diferentes etapas. En los inicios de la Revolución Industrial eran los propios operadores de los equipos los encargados de realizar las tareas de cuidado y conservación de los mismos, de alguna manera ellos fueron los precursores del mantenimiento productivo total (TPM).

Según (Barquet, 2013) mencionan que: “Uno de los importantes proyectos generados por el Gobierno Provincial de Tungurahua, es la represa Chiquihurco. Con esta obra se podrá contar con agua de manera permanente, incluso en épocas de estiaje, beneficiando directamente a la ciudad de Ambato. Gracias a ello, se puede ejecutar el proyecto planificado por la Municipalidad de Ambato para dotar el líquido vital a varias zonas.

El proyecto incluye la conducción de agua cruda mediante tubería hacia una planta de tratamiento que estará en el sector de Apatug, actualmente en construcción, luego de cumplir con los procesos de contratación pública. Esta obra ha sido financiada con recursos dentro del Programa de Saneamiento Ambiental para el Desarrollo Comunitario – PROMADEC II – Fase 2, que cubre los sectores de saneamiento, agua potable y alcantarillado.

La Planta forma parte de un proyecto integral con financiamiento del BEDE, se utilizará el agua de la represa de Chiquihurcu para el tratamiento de agua potable, que beneficiará con el incremento del caudal a la zona alta de la capital Tungurahuense, a las parroquias rurales de Huachi Grande, Montalvo, Santa Rosa, Juan Benigno Vela, a la comunidad de Totoras y área urbana de Pelileo.”, así que el financiamiento para la realización de plantas de tratamiento de agua es de gran importancia para implementar de nuevas tecnologías y tratar de cubrir las necesidades de la comunidad. Además el recurso económico será de ayuda para realizar mantenimientos adecuados y que los equipos tengan una disponibilidad aceptable.

Según (Hora, 2011) menciona que: ““Cuando el caudal de agua que ingresa a la planta de tratamiento del Casigana, disminuye por diversas razones, los técnicos de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A), ponen en funcionamiento el sistema de emergencia por bombeo Miraflores-Tropezón –Casigana, siempre y cuando no sea en épocas de estiaje”, señaló Luis Caicedo, técnico de la empresa.

Agregó que esta planta tiene una capacidad de 300 litros por segundo y funciona normalmente con 250 litros por segundo. La fuente de abastecimiento de ésta es del canal Ambato-Huachi Pelileo.

Se dijo que el agua llega a los espacios denominados floculadores, luego pasa a los sedimentadores y finalmente a los filtros, que tienen una duración de 6 a 8 años, pero con el debido mantenimiento que se lo realiza cada cinco años.”, así que el mantenimiento realizado es para tratar de precautelar la vida útil de los equipos y mantener la disponibilidad de los mismos.

Con lo antes mencionado la empresa “EMAPA” Ambato con el fin de brindar un servicio de agua potable continuo y de calidad al centro del cantón Ambato y sus 18 parroquias, desea realizar un estudio del proceso de mantenimiento preventivo en la Planta Casigana para tratar de evitar que existan paras inesperadas de los equipos; también para preservar los mismos y la salud e integridad de sus operadores.

Árbol de Problemas

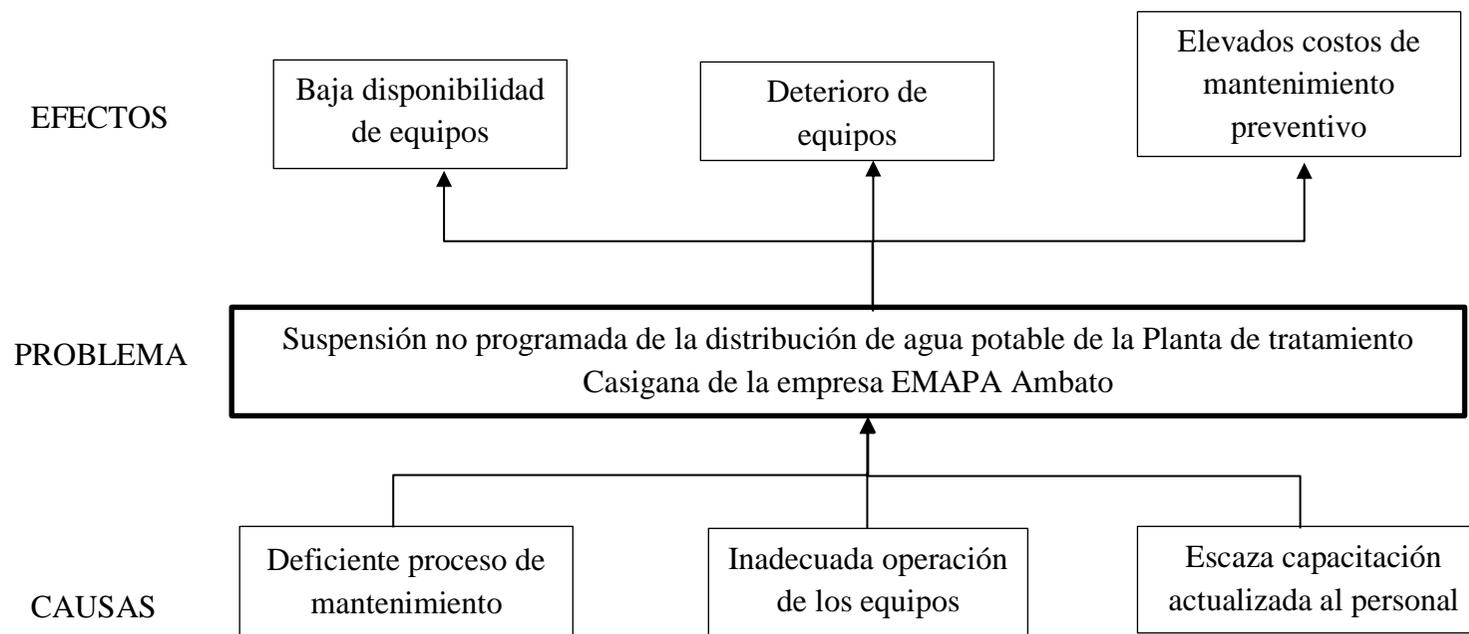


Figura N° 1 Árbol de problemas.

Elaborado por: Fabián Yancha.

Análisis crítico

El deficiente proceso de mantenimiento de los equipos de la planta Casigana por parte de las personas encargadas puede ocasionar una baja disponibilidad de los mismos, debido a que los equipos deben funcionar 12 horas los 366 días del año esto se debe a que es un año bisiesto; y además poner en riesgo la vida útil de ellos.

La inadecuada operación de los equipos por parte de los operadores de la planta Casigana puede ocasionar daños irreparables en ellos, siendo uno de estos el deterioro de sus piezas, por el motivo de arranques inapropiados, sobrecargas en la parte eléctrica, ingreso de partículas sólidas al motor, etc.

En la empresa existe una escasa capacitación actualizada al personal que se encuentra en constante contacto con los equipos de la planta Casigana, ya que no se realizan las debidas gestiones para que los trabajadores asistan a capacitaciones sobre las nuevas tecnologías, ocasionando elevados costos de mantenimiento preventivo.

Antecedentes

La presente investigación se respalda en tesis que cuentan con similitud al tema tratado debido a que el mantenimiento preventivo es de vital importancia para las empresas e industrias, la principal ventaja de tener un adecuado cronograma de mantenimiento preventivo le permite precautelar las máquinas, equipos, instalaciones y seguridad de los trabajadores, debido a que un sistema en buen funcionamiento y equipos en buen estado no provocarán problemas de ningún tipo en la empresa.

En la tesis realizada por Hoyer, Rafael (2014): “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS INSTALACIONES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE” de la Dirección General de los Estudios de Postgrados de la Universidad Católica Andrés Bello menciona en sus conclusiones que el desarrollar un plan de mantenimiento preventivo es algo muy complejo en el cual deberán estar involucrados todos los miembros de la organización y todas las

personas que pudiesen verse impactadas por la ejecución y desarrollo del mismo; también que un plan será exitoso en medida que este se adapte a las necesidades y particularidades que desean ser atendidas por el mismo; y que una adecuada instalación de bombeo de agua garantizara la seguridad, higiene y la protección del medio ambiente.

El autor recomienda que se deberá considerar la curva de aprendizaje y los lapsos de adaptación que cada individuo y que la propia organización requiera para el diseño e implementación de un plan de mantenimiento.

En la tesis realizada por Benavides, Eduardo (2009): “GESTION DE MANTENIMIENTO EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PRODUCTOS EFE S.A.” del Decanato de Estudios Profesionales Coordinación de Ingeniería Mecánica de la Universidad Simón Bolívar mantiene que “El análisis de criticidad a los equipos de la línea, con lo cual se pudo priorizar para escoger con cuáles se iba a trabajar. El análisis de criticidad arrojó un 9% de equipos con criticidad “A”, un 82% con criticidad “B” y un 9% con criticidad “C”.”, así que de esta manera se priorizó a que equipos se debería ejecutar el mantenimiento según su criticidad.

El autor recomienda tener cuidado con los manuales de los equipos para que sirva de ayuda en el momento que se realice un mantenimiento y facilite la solicitud de piezas de repuestos; llevar un registro más detallado de los avisos de fallas y órdenes de mantenimiento de cada equipo o maquinaria, también se deberá colocar los tiempos de reparación de los mismos en las órdenes, para que de esta manera realizar futuros análisis de disponibilidad de ellos.

Justificación

El presente proyecto técnico tiene un impacto positivo de tipo productivo ya que incide en el mantenimiento de los equipos existente en la planta del Casigana de la empresa EMAPA Ambato, además se conseguirá que el proceso de tratamiento de agua potable no sea interrumpido por las paras inesperadas de los equipos, por algún

defecto de los mismos; lo cual podrá brindar un servicio a sus usuarios interrumpidamente, también la disminución de los costos de mantenimiento. Garantizando de esta manera la salud de las personas y conservación del medio ambiente.

La investigación técnica propuesta es de gran importancia porque mediante un adecuado mantenimiento de los equipos se trata de que la empresa no tenga pérdidas económicas y se podrá controlar y reducir esta baja disponibilidad mediante un correcto control de la vida útil de los mismos, la disminución o eliminación de paros imprevistos en el proceso de tratamiento del agua.

El presente estudio tiene una utilidad teórica porque contribuye con datos relacionados al estudio de investigación y al realizarla en una empresa pública aporta con la sociedad y oportunidad de mejora continua en el desarrollo de la empresa, así también cuidando el bienestar y salud de las personas que hacen uso del agua que provee la empresa

El presente estudio dejará como beneficiarios directos de esta investigación al departamento de operaciones y mantenimiento, los técnicos líderes, además los técnicos operadores de la Planta de Tratamiento Casigana; también representa una utilidad muy significativa para la sociedad ya que el agua es algo esencial para la vida humana. Se beneficiarán además lectores que tengan interés por consultar este proyecto investigativo al igual que futuros investigadores.

La investigación a realizarse exige un trabajo de campo en el cual existe la factibilidad para realizar el estudio porque se dispone del conocimiento suficiente de parte del investigador en el campo de mantenimiento de igual manera los recursos necesarios tanto económicos, tecnológicos y bibliografía especializada; contando además con las facilidades que brinda la empresa para tener acceso a la información como son registros de características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas; y reportes diarios de operación.

Objetivo General

Estudiar el mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos de planta Casigana de la empresa pública EMAPA Ambato.

Objetivos Específicos

- Evaluar el mantenimiento preventivo de la Planta Casigana de empresa pública EMAPA Ambato para la determinación del índice de prioridad de riesgos mediante la metodología del análisis modal de fallos y efectos (AMFE).

- Determinar el nivel de disponibilidad de los equipos en la planta de tratamiento Casigana para evitar la suspensión no programada de la distribución de Agua Potable mediante la herramienta efectividad global del equipo (OEE).

- Calcular el índice de prioridad de riesgos estimado en función de acciones correctivas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Delimitación del objeto de la investigación

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Dominio: | Tecnología y Sociedad. |
| Línea de Investigación: | Productividad. |
| Campo: | Ingeniería Industrial. |
| Área: | Mantenimiento. |
| Aspecto: | Disponibilidad. |
| Objeto de estudio: | Mantenimiento Preventivo. |
| Periodo de análisis: | Enero – Diciembre 2016. |

Enfoque

La presente investigación es de tipo bidireccional debido a que se tendrá un enfoque cualitativo-cuantitativo.

De forma cualitativa porque se recopilará y analizará la información sobre historial de fallas y paros por mantenimiento; y de forma cuantitativa la cual se utilizará herramientas estadísticas para medir los indicadores de la utilización de las variables.

Justificación de la metodología

La metodología a la que se enfoca esta investigación es de forma cualitativa y cuantitativa, para lograr esto se utilizará el método del Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE, debido a que dicho método se puede aplicar al producto o al proceso, también se debe aclarar que este no considera los errores humanos directamente, y además permitirá relacionar de una manera sistemática una relación de fallos posibles.

En esta metodología se tendrá en cuenta la detectabilidad, frecuencia y gravedad del fallo; el producto de estos tres factores dan como resultado el índice de prioridad de riesgos, que ayudará a priorizar la urgencia de la intervención así como el orden de las acciones correctas.

Para conocer la situación actual de los equipos de la planta Casigana de la empresa pública EMAPA Ambato se tomará en cuenta los registros de fallo de los equipos.

En cuanto a la disponibilidad de los equipos en la planta de tratamiento Casigana se utilizará la herramienta Efectividad Global del Equipo OEE que es un indicador que permite medir la eficiencia de la maquinaria industrial y que se utiliza como una herramienta de mejora continua; para esto se tendrá en cuenta los indicadores de Tiempo Medio de Paras (TMP), Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF) y Tiempo Medio Para Reparar (TMPR).

El indicador de la herramienta efectividad global del equipo OEE se calcula obteniendo el producto de los factores disponibilidad, rendimiento y calidad.

Se mencionarán algunas posibles mejoras para tratar de mejorar el índice de prioridad de riesgos.

Población y muestra

Población

Para el presente estudio de la población para el desarrollo de esta investigación está definida hacia los equipos que se encuentran en la Planta de Tratamiento Casigana.

Población = Equipos de Planta Casigana.

En la presente investigación se realizará el estudio a los equipos que se encuentran en Planta Casigana, ya que es lo que requiere la empresa; los cuales cuentan con dos equipos de bombeo, compuesto cada uno por dos bombas y un tablero de control; un sistema es utilizado para el consumo interno de la planta el cual es automático y el otro es denominado el nuevo amanecer el cual el encendido o selección de la bomba es de forma manual.

La población en esta investigación es pequeña y no es mayor a 100 no se realizará ningún cálculo y la muestra será igual a la población.

(Arias, 2012 pág. 83), indica: “Si la población, por el número de unidades que la integran, resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra. En consecuencia, se podrá investigar u obtener datos de **toda la población objetivo**, sin que se trate estrictamente de un censo.”

Población = Equipos de Planta Casigana = muestra

Diseño del trabajo

Tabla N° 1 Matriz de Operacionalización de la Variable Independiente Mantenimiento Preventivo.

| Conceptualización | Dimensiones | Indicadores | Interrogantes del Investigador | Técnicas / Instrumentos |
|---|---------------------------------|--|---|--|
| <p>Conjunto de actividades destinadas a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.</p> | <p>Conjunto de actividades.</p> | <p>Plan de mantenimiento. Revisiones. Cambios.</p> | <p>¿Considera que el mantenimiento preventivo es de vital importancia aplicarlo en las plantas de tratamiento de agua potable? ¿Considera usted que las capacitaciones sobre los equipos que se encuentran en la planta es ayuda? ¿Cómo calificaría usted la disponibilidad de los equipos por parte de la empresa?</p> | <p>Técnica: Observación. Instrumento: Cuestionario. Registros. Datos históricos.</p> |
| | <p>Fiabilidad</p> | <p>Tiempo medio entre fallos (MTBF). Etapa de la vida en que se encuentra el equipo.</p> | <p>¿Con qué periodicidad han sufrido daños los equipos de la planta de tratamiento? ¿Considera usted que el rendimiento de los equipos se han reducido con los años de uso? ¿Conoce usted hace cuántos años se instalaron los equipos de la planta Casigana?</p> | |

Elaborado por: Fabián Yancha.

Tabla N° 2 Matriz de Operacionalización de la Variable Dependiente disponibilidad de equipos.

| Conceptualización | Dimensiones | Indicadores | Interrogantes del Investigador | Técnicas / Instrumentos |
|---|-----------------------|---|--|--|
| Se expresa como el tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente. | El tiempo. | Número de horas disponibles de los equipos. Número de paras producidas en los equipos. | ¿Qué tipo de mantenimiento existe en la planta Casigana? ¿Considera que el mantenimiento preventivo en la planta de tratamiento ayudará a incrementar la disponibilidad de los equipos? | Técnica: Observación. Instrumento: Cuestionario. Registros. Datos históricos. |
| | Operan continuamente. | Retrasos en distribución de Agua Potable. Daños de equipos. | ¿Considera usted que las capacitaciones impartidas por la institución le sirven para dar solución a problemas en el funcionamiento de los equipos? ¿Cree usted que se debe esperar que un equipo se dañe para arreglarlo? | |

Elaborado por: Fabián Yancha.

Procedimiento para obtención y análisis de datos

La recolección de datos del presente estudio se lo realizará de la siguiente manera:

- Definición de los sujetos: Personas y equipos.
- Selección de las técnicas: Observación.

El investigador se basó en fuentes primarias y secundarias para la realización del estudio; los cuales se mostrarán en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3 Obtención y tratamiento de la información

| Preguntas Básicas | Explicación |
|--|--|
| 1) ¿Para qué? | Para lograr alcanzar los objetivos planteados en la investigación. |
| 2) ¿Qué personas o equipos? | Operadores y equipos de Planta Casigana. |
| 3) ¿Qué aspectos? | Mantenimiento preventivo y disponibilidad de equipos |
| 4) ¿Quién o Quiénes? | Investigador. |
| 5) ¿Cuándo? | Enero – Diciembre 2016. |
| 6) ¿Dónde? | Planta de Casigana. |
| 7) ¿Cuántas veces se realizará? | Las veces que sean necesarias. |
| 8) ¿Cuáles son las técnicas de recolección a utilizar? | Observación y encuesta. |
| 9) ¿Qué herramientas se utilizarán? | Cuestionario. |
| 10) ¿En qué situación se realizará el estudio? | En procesos normales de distribución de Agua Potable. |

Elaborado por: Fabián Yancha.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Desarrollo de la Investigación

En este capítulo se conocerán los resultados del método y la herramienta mencionados en el capítulo anterior en la Justificación de la Metodología, para determinar el estado actual de los equipos y verificar la disponibilidad de los mismos.

En la Planta Casigana se encuentran dos sistemas de bombeo, cada uno de ellos está compuesto de diferentes equipos que se detallan en la Tabla N° 4 y Tabla N° 5, estos serán motivo de estudio para esta investigación.

Tabla N° 4 Bombas de la estación para el consumo interno de la Planta Casigana.

| Equipo | Número | Codificación | Descripción |
|------------------|--------|--------------|--------------------------|
| Bomba Hidráulica | 1 | PC 30-80.2 | 20 HP; CAT. NO. JMM2514T |
| Bomba Hidráulica | 1 | PC 30-80.1 | 20 HP; CAT. NO. JMM2514T |

Elaborado por: Fabián Yancha

Tabla N° 5 Bombas de la estación Nuevo Amanecer.

| Equipo | Número | Codificación | Descripción |
|------------------|--------|--------------|--------------------------|
| Bomba Hidráulica | 1 | PC-30-36.1 | 20 HP; CAT. NO. JMM2514T |
| Bomba Hidráulica | 1 | PC-30-36.2 | 20 HP; CAT. NO. JMM2514T |

Elaborado por: Fabián Yancha

La fotografía de las codificaciones de cada equipo se mostrara en el Anexo N° 1.

Evaluación el mantenimiento preventivo de la Planta Casigana de empresa pública EMAPA Ambato

La empresa no cuenta de estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas, tampoco no llevan registros para determinar tiempos de para y tiempos entre fallas, además el personal que se encuentra relacionado directamente con los equipos no están capacitados para realizar dichas mediciones de tiempo de parada y entre fallas.

La empresa tiene un PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICA con codificación PL-EM-01-N76-00, que se lleva un control con un REGISTRO SEMANAL DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO de codificación REG-EM-001 que se archiva en la central de monitoreo ubicada en el edificio Matriz de la empresa; estos documentos se encuentran adjuntos en el Anexo N° 4 y Anexo N°5, respectivamente.

Cálculo de la disponibilidad de los equipos de Planta Casigana

Según (Emerson, 2002) menciona que: “Disponibilidad es simplemente una manera de cuantificar cuánto tiempo está su equipo funcionando como se debe.”, así que en el presente estudio se determinará cuanta disponibilidad tienen los equipos de la planta Casigana.

Debido a la ausencia de registros o documentos de mantenimiento de los equipos de la planta, se decidió tomar en cuenta datos de tiempos de para en los registros de mantenimiento de planta Casigana de los meses de Enero, Febrero, Julio, Agosto y Noviembre, los cuales se mostrarán en las Tablas N° 6, N° 7, N° 8, N° 9 y N° 10. Se tomará en cuenta tres parámetros para el cálculo de la disponibilidad de los equipos los cuales son:

- El promedio de paras.
- El promedio de fallas.
- El tiempo disponible de los equipos para el bombeo.

Cálculo de la disponibilidad en función del índice de prioridad de riesgos mejorado.

El encargado del mantenimiento de las estaciones de bombeo debido a su experiencia y capacitación manifestó algunas acciones que podrán mejorar el índice de riesgos.

En función de estas acciones de mejora se calcula nuevamente el índice de prioridad de riesgos bajo la consideración de que las acciones de mejora permitirán disminuir en 1 o 2 puntos la valoración de la frecuencia de los fallos de los diferentes equipos.

El valor de frecuencia disminuirá en 1 punto si el fallo se presenta en un 50% menos del original, y se disminuirá 2 puntos si el fallo se presenta en un 100% menos del original.

Tabla N° 6 Registro de paras de equipo del mes de Enero.

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|---|----------------------------|-------|------------------|--|
| | | REGISTRO DE PARAS DE EQUIPO | | | | Código: Página 1 de 1 |
| Departamento | Mantenimiento | | MES | | Enero | |
| Equipo | Semana del mes | Motivo de para | Duración de la para | | Encargado | Observaciones |
| PC 30-80.2 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque almacenamiento | 2 | hora | Operador | |
| PC 30-80.1 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque almacenamiento | 2 | hora | Operador | |
| PC-30-36.1 | Tercera semana | Suspensión para lavado de tanque elevado | 1 | hora | Operador | |
| PC-30-36.2 | Tercera semana | Suspensión para lavado de tanque elevado | 1 | hora | Operador | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | Total horas de para | 6 | horas | | |
| <hr/> DIRECTOR DEL DOM | | <hr/> JEFE DE MANTENIMIENTO | | | | |

Elaborado por: Fabián Yancha

Tabla N° 7 Registro de paras de equipo del mes de Febrero.

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--|----------------------------|-------|------------------|----------------------------------|
| | | REGISTRO DE PARAS DE EQUIPO | | | | Código: Página 1 de 1 |
| Departamento | Mantenimiento | | MES | | Febrero | |
| Equipo | Semana del mes | Motivo de para | Duración de la para | | Encargado | Observaciones |
| PC-30-36.1 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque elevado | 1 | hora | Operador | |
| PC-30-36.2 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque elevado | 1 | hora | Operador | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | Total horas de para | 2 | horas | | |
| <hr/> DIRECTOR DEL DOM | | <hr/> JEFE DE MANTENIMIENTO | | | | |

Elaborado por: Fabián Yancha

Tabla N° 8 Registro de paras de equipo del mes de Julio.

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|---|----------------------------|-------|------------------|--|
| | | REGISTRO DE PARAS DE EQUIPO | | | | Código: Página 1 de 1 |
| Departamento | Mantenimiento | MES | | Julio | | |
| Equipo | Semana del mes | Motivo de para | Duración de la para | | Encargado | Observaciones |
| PC 30-80.2 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque almacenamiento | 2 | hora | Operador | |
| PC 30-80.1 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque almacenamiento | 2 | hora | Operador | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | Total horas de para | 4 | horas | | |
| <hr/> DIRECTOR DEL DOM | | <hr/> JEFE DE MANTENIMIENTO | | | | |

Elaborado por: Fabián Yancha

Tabla N° 9 Registro de paras de equipo del mes de Agosto.

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--|------------------------------------|------------|------------------|----------------------------------|--|
| | | REGISTRO DE PARAS DE EQUIPO | | | | Código: Página 1 de 1 | |
| Departamento | Mantenimiento | | | MES | | Agosto | |
| Equipo | Semana del mes | Motivo de para | Duración de la para | | Encargado | Observaciones | |
| PC-30-36.1 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque elevado | 1 | hora | Operador | | |
| PC-30-36.2 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque elevado | 1 | hora | Operador | | |
| PC 30-80.2 | Tercera semana | Sangrado de bombas | 1 | hora | Operador | | |
| PC 30-80.1 | Tercera semana | Sangrado de bombas | 1 | hora | Operador | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | Total horas de para | 4 | horas | | | |
| <hr/> DIRECTOR DEL DOM | | | <hr/> JEFE DE MANTENIMIENTO | | | | |

Elaborado por: Fabián Yancha

Tabla N° 10 Registro de paras de equipo del mes de Noviembre.

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--|----------------------------|-----------|------------------|--|
| | | REGISTRO DE PARAS DE EQUIPO | | | | Código: Página 1 de 1 |
| Departamento | Mantenimiento | MES | | Noviembre | | |
| Equipo | Semana del mes | Motivo de para | Duración de la para | | Encargado | Observaciones |
| PC-30-36.1 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque elevado | 1 | hora | Operador | |
| PC-30-36.2 | Segunda semana | Suspensión para lavado de tanque elevado | 1 | hora | Operador | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | Total horas de para | 2 | horas | | |
| <hr/> DIRECTOR DEL DOM | | <hr/> JEFE DE MANTENIMIENTO | | | | |

Elaborado por: Fabián Yancha

Promedio de tiempo de para de equipos

El promedio de paras de cada equipo de planta Casigana es el resultado de la suma de los mismos tomando en cuenta solo los meses en los que existieron las paras de cada uno de ellos de manera independiente en el período Enero-Diciembre 2016.

Promedio de paras (PC – 30 – 36.1) = Enero + Febrero + Agosto + Noviembre

Promedio de paras (PC – 30 – 36.1) = (1 + 1 + 1 + 1) horas

Promedio de paras (PC – 30 – 36.1) = 4 horas

Promedio de paras (PC – 30 – 36.2) = Enero + Febrero + Agosto + Noviembre

Promedio de paras (PC – 30 – 36.2) = (1 + 1 + 1 + 1) horas

Promedio de paras (PC – 30 – 36.2) = 4 horas

Promedio de paras (PC – 30 – 80.1) = Enero + Julio + Agosto

Promedio de paras (PC – 30 – 80.1) = (2 + 2 + 1) horas

Promedio de paras (PC – 30 – 80.1) = 5 horas

Promedio de paras (PC – 30 – 80.2) = Enero + Julio + Agosto

Promedio de paras (PC – 30 – 80.2) = (2 + 2 + 1) horas

Promedio de paras (PC – 30 – 80.2) = 5 horas

El equipo PC-30-36.1 presenta paras de una hora en los meses de Enero, Febrero, Agosto y Noviembre, siendo un promedio de 4 horas de paras en todo el período de estudio; también el equipo PC-30-36.2 cuenta con el mismo promedio de horas de paras en los mismos meses, las paras son programadas para mantenimiento con horarios distintos puesto que los dos equipos forman parte del sistema de bombeo Nuevo Amanecer.

El equipo PC-30-80.1 presenta paras de dos horas en los meses de Enero y Julio, además de una hora en el mes de Agosto, siendo un promedio de 5 horas de paras en todo el período de estudio; también el equipo PC-30-80.2 cuenta con el mismo promedio de horas de paras en los mismos meses, las paras son programadas para mantenimiento con horarios distintos puesto que los dos equipos forman parte del sistema de bombeo para el consumo interno de la planta.

En la Tabla N° 11 se muestra el tiempo promedio total de paras de todos los equipos en horas de los meses de Enero, Febrero, Julio, Agosto y Noviembre; teniendo un total de 18 horas de paras en el proceso dentro del período de estudio.

Tabla N° 11 Promedio de tiempo de paras de los equipos en horas

| Mes | Hora | Encargado |
|--------------|-------------|------------------|
| Enero | 6 | Operador |
| Febrero | 2 | Operador |
| Julio | 4 | Operador |
| Agosto | 4 | Operador |
| Noviembre | 2 | Operador |
| Total | 18 | |

Elaborado por: Fabián Yancha

Tiempo de disponibilidad de los equipos

La empresa en cada estación de bombeo que se encuentran en la planta Casigana constan de dos bombas, las cuales funcionan 12 horas cada una de forma alternativa de esta manera dando el servicio de agua potable las 24 horas del día de los 366 días del año de estudio, el número de días se debe a que es un año bisiesto; puesto que el líquido vital que suministra la empresa no se puede suspender en ningún momento del día a la población; por lo tanto el cálculo de la disponibilidad de los equipos se lo realizará tomando en cuenta los registros de para encontrados en el período Enero-Diciembre del año 2016.

La empresa para lograr cubrir las necesidades de funcionamiento de 24 horas del día de los equipos han realizado un cronograma de tres jornadas de trabajos para los operadores, el cual está establecido de la siguiente manera de 23h00 hasta

06h00; de 07h00 hasta 14h00 y de 15h00 hasta 22h00 de una manera rotativa; ellos son los encargados de controlar el buen funcionamiento de los mismos, y de notificar cualquier novedad que se de en las estaciones de bombeo.

$$Tiempo\ disponible = Dh * HdTCe$$

Siendo, *Dh* Días hábiles; y *HdTCe* Horas diarias de trabajo de cada equipo.

$$Tiempo\ disponible = 366 * 12$$

$$Tiempo\ disponible = 4392\ horas$$

Cálculo de la disponibilidad de los equipos

El cálculo de la disponibilidad de los equipos resulta del cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada; para lo cual es necesario tener el tiempo disponible de los equipos, que se obtiene de la resta entre el tiempo total con el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada de los equipos; y esto se divide para el tiempo total del periodo considerado, quedando la siguiente fórmula a emplear:

$$Disponibilidad = \frac{HT - HPM}{HT} * 100\%$$

Siendo, *HT* las horas totales del tiempo total del periodo considerado, y *HPM* las horas de parada por mantenimiento programado y no programado.

$$Disponibilidad(PC - 30 - 36.1) = \frac{4392horas - 4horas}{4392horas} * 100\%$$

$$Disponibilidad(PC - 30 - 36.1) = 99,9\%$$

$$Disponibilidad(PC - 30 - 36.2) = \frac{4392horas - 4horas}{4392horas} * 100\%$$

$$Disponibilidad(PC - 30 - 36.2) = 99,9\%$$

$$Disponibilidad(PC - 30 - 80.1) = \frac{4392horas - 5horas}{4392horas} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad}(PC - 30 - 80.1) = 99,88\%$$

$$\text{Disponibilidad}(PC - 30 - 80.2) = \frac{4392\text{horas}-5\text{horas}}{4392\text{horas}} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad}(PC - 30 - 80.2) = 99,88\%$$

La Figura N° 2 muestra la disponibilidad de los equipos del sistema de bombeo Nuevo Amanecer los cuales se encuentran disponibles en un 99,9% por cada uno en el período Enero-Diciembre 2016, el restante que es un 0,10% se utiliza para repararlos.

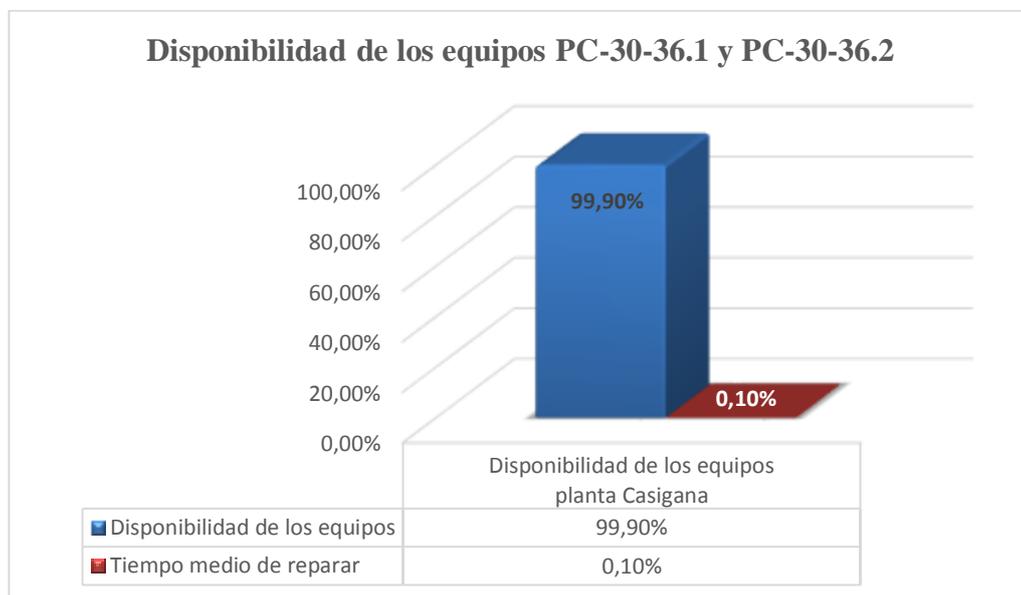


Figura N° 2 Disponibilidad de los equipos del sistema de bombeo Nuevo Amanecer.

Elaborado por: Fabián Yancha

La Figura N° 3 muestra la disponibilidad de los equipos del sistema de bombeo para el consumo interno de la planta Casigana los cuales se encuentran disponibles en un 99,88% por cada uno en el período Enero-Diciembre 2016, el restante que es un 0,12% se utiliza para repararlos.

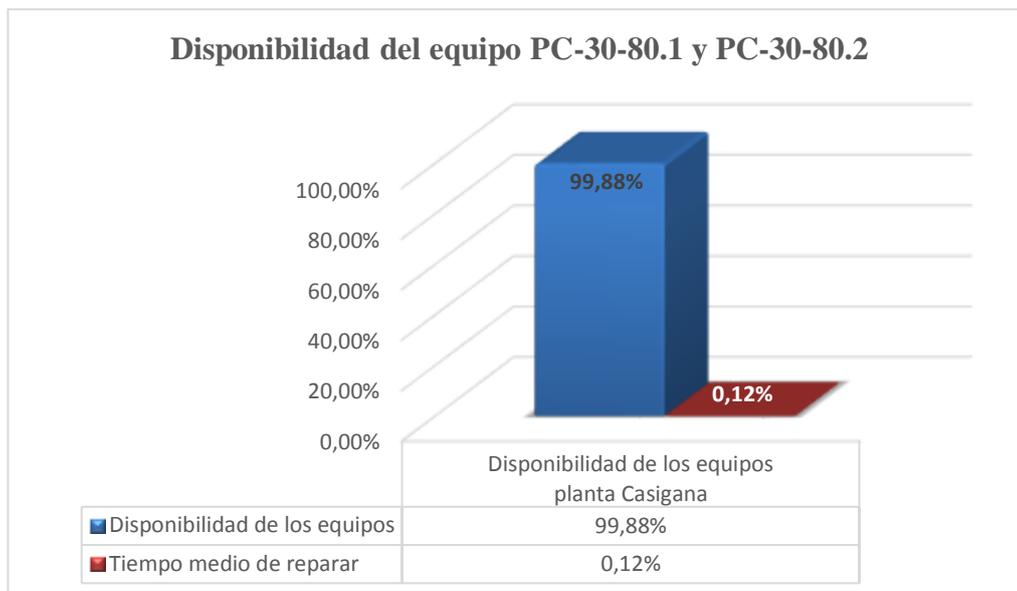


Figura N° 3 Disponibilidad de los equipos del sistema de bombeo para consumo interno de la planta Casigana

Elaborado por: Fabián Yancha

Análisis modal de fallos y efectos AMFE

El AMFE es un método el cual no considera los errores humanos directamente, sino su mala operación en la situación de un componente o sistema; ya que es de una manera cualitativa que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso.

Fallo o modo de fallo

Según (Bestratén, y otros, 2004) menciona que: “El “Modo de Fallo Potencial” se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente.” así que si se produjera una falla en los equipos no se podría satisfacer las expectativas del cliente.

Efecto/s del fallo

El efecto del fallo es una descripción de los síntomas detectados del modo de fallo por parte del usuario o cliente.

Índice de Prioridad de Riesgos (IPR)

Es el resultante del producto de los factores Gravedad, Frecuencia y Detectabilidad; el cual debe ser calculado para todas las causas de fallo. Según (Bestratén, y otros, 2004) menciona que: “No obstante un IPR inferior a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuyera a mejorar aspectos de calidad del producto, proceso o trabajo.” Así que de esto dependerá si requeriré intervención obligatoria en los fallos encontrados.

Gravedad

Según (Bestratén, y otros, 2004) menciona que: “Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final)” así que el fallo se lo detectará antes de que llegue al usuario final; en la Tabla N° 12 se describe la “Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario”, con una ponderación del 1 al 10; donde 1 significa muy baja y 10 muy alta.

Tabla N° 12 Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario

| GRAVEDAD | CRITERIO | VALOR |
|--|--|--------------|
| Muy Baja Repercusiones imperceptibles | No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo. | 1 |
| Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles | El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable. | 2-3 |
| Moderada Defectos de relativa importancia | El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema. | 4-6 |
| Alta | El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado. | 7-8 |

| | | |
|----------|--|------|
| Muy Alta | Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10 | 9-10 |
|----------|--|------|

Fuente: NTP 679

En la Tabla N° 13 se muestra la clasificación de la gravedad del modo fallo que se considera para el presente proyecto.

Tabla N° 13 Clasificación de la gravedad del modo fallo según consideración para la empresa.

| GRAVEDAD | CRITERIO | VALOR |
|--|---|-------|
| Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles | Disminución o reducción del caudal de salida | 3 |
| Moderada Defectos de relativa importancia | Suspensión parcial por atascamiento de la bomba por no lubricar a tiempo. | 4 |
| Alta | Cuando la bomba o motor se apaga por más de 30 minutos. | 8 |

Elaborado por: Fabián Yancha

Frecuencia

Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención se llama probabilidad de aparición del fallo; para lo cual se debe utilizar datos históricos o estadísticos acerca de los equipos. En la Tabla N° 14 se describe la “Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo”, con una ponderación del 1 al 10; donde 1 significa muy baja y 10 muy alta.

Tabla N° 14 Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo.

| FRECUENCIA | CRITERIO | VALOR |
|------------------------|--|-------|
| Muy Baja Improbable | Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible. | 1 |
| Baja | Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda. | 2-3 |
| Moderada | Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema. | 4-5 |

| | | |
|----------|--|------|
| Alta | El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado. | 6-8 |
| Muy Alta | Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente. | 9-10 |

Fuente: NTP 679

En el presente proyecto se tendrá en consideración la siguiente clasificación de la frecuencia de ocurrencia del modo fallo que se describe en la Tabla N° 15.

Tabla N° 15 Clasificación de la frecuencia del modo fallo según consideración para la empresa.

| FRECUENCIA | CRITERIO | VALOR |
|------------------------|--|--------------|
| Muy Baja Improbable | El fallo se presentará una vez al año o a veces no se presentará. | 1 |
| Baja | El fallo se presenta dos veces en el año. Fallos con frecuencia de una vez cada cuatro meses, es esperable que exista en el sistema porque son partículas que llegan con el agua. | 2 3 |
| Moderada | El fallo se presentará ocasionalmente en el proceso por descuido de los operadores. EL fallo se presenta como parte del agua. | 4 5 |
| Alta | El fallo se ha presentado cinco veces en el año. | 6 |

Elaborado por: Fabián Yancha

Detectabilidad

Este factor indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los “controles actuales” existentes a tal fin. En la Tabla N° 16 se describe la “Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo”, con una ponderación del 1 al 10; donde 1 significa muy alta y 10 improbable.

Tabla N° 16 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo.

| DETECTABILIDAD | CRITERIO | VALOR |
|-----------------------|--|--------------|
| Muy Alta | El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes | 1 |
| Alta | El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori. | 2-3 |

| | | |
|------------|---|------|
| Mediana | El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción | 4-6 |
| Pequeña | El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento. | 7-8 |
| Improbable | El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final | 9-10 |

Fuente: NTP 679

En el presente proyecto se tendrá en consideración la siguiente clasificación de la facilidad de detección del modo fallo que se describe en la Tabla N° 17.

Tabla N° 17 Clasificación de la detectabilidad del modo fallo según consideración para la empresa.

| DETECTABILIDAD | CRITERIO | VALOR |
|----------------|--|-------|
| Alta | El defecto se lo puede visualizar a simple vista de los operadores. | 2 |
| | El defecto se lo aprecia después de que se queda estancado en las rejillas que existen, después de que se quedan vacío los sitios donde se quedan. | 3 |

Elaborado por: Fabián Yancha

En el presente proyecto se utilizó la ficha del NTP 679, que se muestra en el Anexo N° 2, esto sirvió de guía para el estudio realizado.

En la Tabla N° 18 se muestra el análisis modal de fallos y efectos donde se calculó el índice de prioridad de riesgos actual de los equipos de la Planta Casigana.

Tabla N° 18 Análisis modal de fallos y efectos actual.

| ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.) | | | | | | | | | |
|---|----------|--|--|--|--|---|---|---|-----|
| AMFE DE PROYECTO <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/> | | | | |
| DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO | | | | | | | | | |
| NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR: Departamento de Operaciones y Mantenimiento | | | | | CORDINADOR: | | | | |
| OPERACIÓN O FUNCIÓN | FALLO N° | FALLOS POTENCIALES | | | ESTADO ACTUAL | | | | |
| | | MODOS DE FALLO | EFECTOS | CAUSAS DEL MODO DE FALLO | MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS | F | G | D | IPR |
| Bombas del sistema de bombeo | 1.1 | Soltura de bocín de ajuste de impulsores | Disminución de presión y caudal | Bombeo en vacío (Se queda sin agua) | Ninguna | 4 | 8 | 3 | 96 |
| | 1.2 | Desgaste de impulsores | Disminución de caudal | Presencia de partículas sólidas en el agua | Ninguna | 4 | 8 | 2 | 64 |
| | 1.3 | Desgaste de ejes | Rotura de ejes y paralización del equipo | Presencia de partículas sólidas en el agua | Ninguna | 6 | 8 | 2 | 96 |
| | 1.4 | Falla en sello mecánico | Disminución de caudal | Presencia de partículas sólidas en el agua | Ninguna | 4 | 8 | 2 | 64 |
| | 1.5 | Falla en presa estopa | Disminución de caudal | Presencia de partículas sólidas en el agua | Ninguna | 4 | 8 | 2 | 64 |

| | | | | | | | | | |
|----------------|-----|--|---|--|---------|---|---|---|----|
| Motor de bomba | 2.1 | Cortocircuito en las bobinas | Suspensión del equipo (se apaga el equipo) | Inadecuado aislamiento en las bobinas | Ninguna | 4 | 8 | 3 | 96 |
| | 2.2 | | | Falla en la red eléctrica | Ninguna | 3 | 8 | 3 | 72 |
| | 2.3 | Atascamientos de rodamientos superior e inferior | Suspensión del equipo | Desbalanceo de rotor | Ninguna | 5 | 8 | 2 | 80 |
| | 2.4 | | | Fallas de montaje | Ninguna | 5 | 8 | 2 | 80 |
| | 2.5 | Falta lubricación aceite o grasa | Suspensión parcial (atascamiento) | Falta de mantenimiento preventivo | Ninguna | 5 | 4 | 3 | 60 |
| | 2.6 | Desgaste de ejes | Suspensión del equipo | Presencia de partículas sólidas en el agua | Ninguna | 6 | 8 | 2 | 96 |
| | 2.7 | Falla en balanceo de rotor | Desgaste de rodamientos y suspensión del equipo | Falta de mantenimiento preventivo | Ninguna | 6 | 8 | 2 | 96 |
| | 2.8 | Falla del acoplamiento bomba motor | Suspensión del equipo | Inadecuado montaje | Ninguna | 5 | 8 | 2 | 80 |

Elaborado por: Fabián Yancha

Efectividad global del equipo OEE

La OEE sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial de una manera porcentual; también es conocida como Tasa de Retorno Total (TTR) cuando esta es utilizada en centros de producción de proyectos.

La ventaja de esta herramienta es que mide en un único indicador todos los parámetros fundamentales en la producción industrial, los cuales son: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

Cálculo del OEE

Es el resultante de la multiplicación de los parámetros fundamentales de la producción industrial, de esta manera teniendo la siguiente fórmula:

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

Según el valor de la OEE se clasifica de la siguiente manera las líneas de producción o de toda una planta.

- Cuando el OEE es menor que el 65% se denomina inaceptable; en el cual se producen importantes pérdidas económicas; y la competitividad es muy baja.
- Cuando el OEE es mayor o igual que 65% o menor que 75% se denomina regular el cual se lo considera aceptable sólo si se está en proceso de mejora, también tiene pérdidas económicas; y la competitividad es baja.
- Cuando el OEE es mayor o igual que 75% o menor que 85% se denomina aceptable en el cual se debe continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class, en este existen unas ligeras pérdidas económicas; y la competitividad es ligeramente baja.
- Cuando el OEE es mayor o igual que 85% o menor que 95% se denomina buena la cual ya ingresa en valores World Class; y la competitividad es buena.

- Cuando el OEE es mayor que 95% se denomina excelente el cual ya son parte de los valores World Class y la competitividad es excelente.

La OEE considera seis grandes pérdidas las cuales son:

1. Paradas/Averías.
2. Configuración y Ajustes.
3. Pequeñas Paradas.
4. Reducción de velocidad.
5. Rechazos por Puesta en Marcha.
6. Rechazos de Producción.

Los parámetros fundamentales de la producción industrial, se calculan de la siguiente manera:

- **Disponibilidad**, es la que mide las pérdidas de los equipos debido a paros no programados; el cual se encontrará con la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación neta}}{\text{Tiempo de funcionamiento}}$$

- **Rendimiento**, es la que mide las pérdidas causadas por el mal funcionamiento del equipo o las causadas por el no funcionamiento a la velocidad requerida y al rendimiento determinado por el fabricante; el cual se encontrará con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de operación utilizable}}{\text{Tiempo de operación neta}}$$

- **Calidad**, es el porcentaje de la producción total que se produce sin defectos; el cual se encontrará con la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo productivo neto}}{\text{Tiempo de operación utilizable}}$$

Se muestran los resultados del indicador de la efectividad global del equipo OEE que se aplicaron a los equipos del sistema de bombeo para consumo interno y para el sistema del nuevo Amanecer; en el cual el periodo de tiempo fue de un año y la unidad de tiempo que se considero es en horas.

Para el cálculo del tiempo disponible se lo realizo tomando en cuenta los 366 días del año puesto que es un año bisiesto y las 24 horas que funcionan los sistemas de bombeo.

El estudio del OEE será aplicado a los equipos del sistema de bombeo y además se determinará también de todo el proceso; para lo cual se utilizará la figura de tiempos de distribución en planta para una mejor representación de los resultados.

En la Tabla N° 19 se muestra la distribución del tiempo en planta donde se encuentra las consideraciones de fallas o paras programadas de los equipos de la planta Casigana.

Tabla N° 19 Distribución del Tiempo en Planta.

| TIEMPO DISPONIBLE | | | | | |
|--|---|--|--|--|---|
| TIEMPO PRODUCTIVO NETO | TIEMPO PERDIDO POR DEFECTOS | TIEMPO PERDIDO POR OPERACIÓN | TIEMPO DE PARADA NO PLANIFICADA POR EQUIPOS | TIEMPO DE PREPARACIÓN DE EQUIPO | TIEMPO DE PARA PLANIFICADA |
| <p>Producción real/estudiar (ideal)</p> | <p>Fallas por Defecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mermas ✓ Reproceso ✓ Rechazos | <p>Fallas de Operación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Marchas en vacío/Pequeñas paradas ✓ Velocidad reducida ✓ Falla suministro Materia Prima/Insumos ✓ Mala operación | <p>Fallas de los Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mecánico ✓ Eléctrico/Electrónico ✓ Instrumentación ✓ Servicios Industriales* | <p>Preparación & Ajustes de los Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Arranque ✓ Cambio de formato ✓ Cambio de producto ✓ Cambio de turno ✓ Parada | <p>Planeamiento & Control de la Producción:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Planificado No producción: <ul style="list-style-type: none"> • Días/semanas • Meses/año • Turnos/día • Almuerzo ✓ Ajuste Producción: <ul style="list-style-type: none"> • caída demanda • falta suministros Mantenimiento: Anual planificado: <ul style="list-style-type: none"> • Overhaul ✓ Preventivo: <ul style="list-style-type: none"> • por uso • por tiempo ✓ Predictivo |

Fuente: Efectividad Global de los Equipos OEE disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/foro/cl/2005/jaime.pdf>

En la Tabla N° 20 se muestra el tiempo de distribución en planta de la Bomba hidráulica PC-30-80.1 de la estación de bombeo para consumo interno de la Planta Casigana

Tabla N° 20 Tiempo de distribución en planta de la bomba del sistema de consumo interno B1

| Tiempo disponible | | |
|--|-------------------------------------|--|
| 8784 | | |
| Tiempo de funcionamiento | | Tiempo de para planificada |
| 4392 | | 4392 |
| Tiempo del periodo de operación | | Tiempo de preparación de equipo |
| 4388 | | 4 |
| Tiempo de operación neta | | Tiempo de parada no planificada por equipos |
| 4378 | | 10 |
| Tiempo de operación utilizable | Tiempo perdido por operación | |
| 4376 | 2 | |
| Tiempo productivo neto | Tiempo perdido por defectos | |
| 4373 | 3 | |

Elaborador por: Fabián Yancha

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo de operación neta}}{\text{Tiempo de funcionamiento}} \quad Ec. 1$$

$$Disponibilidad = \frac{4378h}{4392h} * 100\%$$

$$Disponibilidad = 99\%$$

$$Rendimiento = \frac{\text{Tiempo de operación utilizable}}{\text{Tiempo de operación neta}} \quad Ec. 2$$

$$Rendimiento = \frac{4376h}{4378h} * 100\%$$

$$Rendimiento = 99\%$$

$$Calidad = \frac{\text{Tiempo productivo neto}}{\text{Tiempo de operación utilizable}} \quad Ec. 3$$

$$Calidad = \frac{4373h}{4376h} * 100\%$$

$$Calidad = 99\%$$

$$OEE = 99\% * 99\% * 99\% = 97\%$$

En la Tabla N° 21 se muestra el tiempo de distribución en planta de la Bomba hidráulica PC-30-80.2 de la estación de bombeo para consumo interno de la Planta Casigana

Tabla N° 21 Tiempo de distribución en planta de la bomba del sistema de consumo interno B2

| | |
|--|--|
| Tiempo disponible | |
| 8784 | |
| Tiempo de funcionamiento | |
| 4392 | |
| Tiempo de preparación de equipo | |
| 5 | |
| Tiempo del periodo de operación | |
| 4387 | |
| Tiempo de parada no planificada por equipos | |
| 12 | |
| Tiempo de operación neta | |
| 4375 | |
| Tiempo perdido por operación | |
| 4 | |
| Tiempo de operación utilizable | |
| 4371 | |
| Tiempo perdido por defectos | |
| 6 | |

Elaborado por: Fabián Yancha

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo de operación neta}}{\text{Tiempo de funcionamiento}} \quad Ec. 4$$

$$Disponibilidad = \frac{4375h}{4392h} * 100\%$$

$$Disponibilidad = 99\%$$

$$Rendimiento = \frac{\text{Tiempo de operación utilizable}}{\text{Tiempo de operación neta}} \quad Ec. 5$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{4371h}{4375h} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 99\%$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo productivo neto}}{\text{Tiempo de operación utilizable}} \quad \text{Ec. 6}$$

$$\text{Calidad} = \frac{4365h}{4371h} * 100\%$$

$$\text{Calidad} = 99\%$$

$$\text{OEE} = 99\% * 99\% * 99\% = 97\%$$

En la Tabla N° 22 se muestra el tiempo de distribución en planta de la Bomba hidráulica PC-30-36.1 de la estación de bombeo Nuevo Amanecer.

Tabla N° 22 Tiempo de distribución en planta de la bomba del sistema Nuevo Amanecer B1

| | |
|--|--|
| Tiempo disponible | |
| 8784 | |
| Tiempo de funcionamiento | |
| 4392 | |
| Tiempo de preparación de equipo | |
| 4 | |
| Tiempo de operación neta | |
| 12 | |
| Tiempo perdido por operación | |
| 7 | |
| Tiempo perdido por defectos | |
| 11 | |

Elaborado por: Fabián Yancha

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación neta}}{\text{Tiempo de funcionamiento}} \quad \text{Ec. 7}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{4376h}{4392h} * 100\%$$

Disponibilidad = 99%

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de operación utilizable}}{\text{Tiempo de operación neta}} \quad \text{Ec. 8}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{4369h}{4376h} * 100\%$$

Rendimiento = 99%

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo productivo neto}}{\text{Tiempo de operación utilizable}} \quad \text{Ec. 9}$$

$$\text{Calidad} = \frac{4358h}{4369h} * 100\%$$

Calidad = 99%

$$OEE = 99\% * 99\% * 99\% = 97\%$$

En la Tabla N° 23 se muestra el tiempo de distribución en planta de la Bomba hidráulica PC-30-36.2 de la estación de bombeo Nuevo Amanecer.

Tabla N° 23 Tiempo de distribución en planta de la bomba del sistema Nuevo Amanecer B2

| Tiempo disponible | |
|--|-------------------------------------|
| 8784 | |
| Tiempo de funcionamiento | |
| 4392 | |
| Tiempo de para planificada | |
| 4392 | |
| Tiempo del periodo de operación | |
| 4388 | |
| Tiempo de preparación de equipo | |
| 4 | |
| Tiempo de operación neta | |
| 4378 | |
| Tiempo de parada no planificada por equipos | |
| 10 | |
| Tiempo de operación utilizable | Tiempo perdido por operación |
| 4366 | 12 |
| Tiempo productivo neto | Tiempo perdido por defectos |
| 4353 | 13 |

Elaborado por: Fabián Yanca

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación neta}}{\text{Tiempo de funcionamiento}} \quad \text{Ec. 10}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{4378h}{4392h} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 99\%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de operación utilizable}}{\text{Tiempo de operación neta}} \quad \text{Ec. 11}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{4366h}{4378h} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 99\%$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo productivo neto}}{\text{Tiempo de operación utilizable}} \quad \text{Ec. 12}$$

$$\text{Calidad} = \frac{4353h}{4366h} * 100\%$$

$$\text{Calidad} = 99\%$$

$$OEE = 99\% * 99\% * 99\% = 97\%$$

Una vez obtenido los parámetros fundamentales disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos de los sistemas de bombeo se procederá a verificar el OEE del proceso.

$$\text{Disponibilidad} = \text{Ec. 1} * \text{Ec. 4} * \text{Ec. 7} * \text{Ec. 10}$$

$$\text{Disponibilidad} = 99\% * 99\% * 99\% * 99\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 96\%$$

$$\text{Rendimiento} = \text{Ec. 2} * \text{Ec. 5} * \text{Ec. 8} * \text{Ec. 11}$$

$$\text{Rendimiento} = 99\% * 99\% * 99\% * 99\%$$

$$\text{Rendimiento} = 96\%$$

$$\text{Calidad} = \text{Ec. 3} * \text{Ec. 6} * \text{Ec. 9} * \text{Ec. 12}$$

$$\text{Calidad} = 99\% * 99\% * 99\% * 99\%$$

$$\text{Calidad} = 96\%$$

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

$$OEE = 96\% * 96\% * 96\%$$

$$OEE = 88\%$$

En la Tabla N° 24 se muestra la comparación de los resultados obtenidos de la empresa con los del World Class.

Tabla N° 24 Comparación del OEE

| OEE Factores | OEE Empresa | OEE World Class |
|----------------|-------------|-----------------|
| Disponibilidad | 96% | 90% |
| Rendimiento | 96% | 95% |
| Calidad | 96% | 99,9% |
| OEE | 88% | 85% |

Elaborado por: Fabián Yancha

Según los resultados obtenidos al OEE se lo denomina como bueno ya que es mayor que 85%, y de esta manera la empresa tiene una buena competitividad; en la Figura N° 4 se muestra en un gráfico de barras la comparación del OEE de la empresa y del World Class.

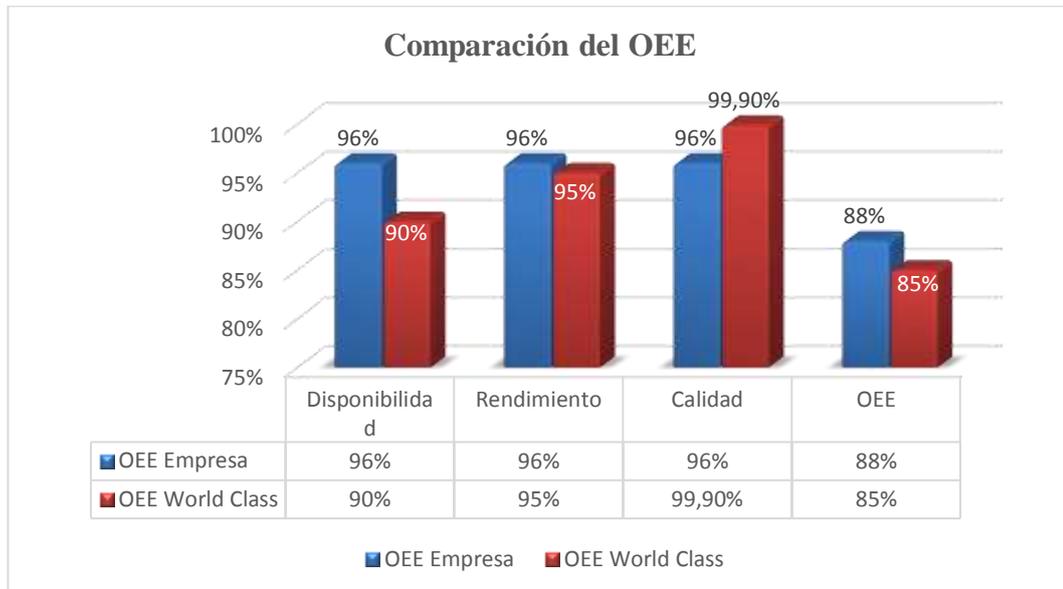


Figura N° 4 Comparación del OEE

Elaborado por: Fabián Yancha

Cálculo del índice de prioridad de riesgos estimado

En la Tabla N° 25 se muestra el análisis modal de fallos y efectos con las acciones expuestas por el encargado de mantenimiento de las estaciones de bombeo, en este se nota el posible mejoramiento que habrá si se aplicaría lo mencionado en las acciones correctivas.

Tabla N° 25 Análisis modal de fallos y efectos con acciones recomendadas.

| ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.) | | | | | | |
|--|---|--|----------|----------|----------|------------|
| CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE | | Hoja: 1 de 1 | | | | |
| MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN | | FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN: | | | | |
| ACCIÓN CORRECTIVA | RESPONSABLE / PLAZO | SITUACIÓN DE MEJORA | | | | |
| | | ACCIONES IMPLANTADAS | F | G | D | IPR |
| Chequeo de agua en las bombas | Operadores/ Anteproyecto | | 2 | 8 | 3 | 48 |
| Colocación de rejillas al ingreso de la bomba | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 2 | 8 | 2 | 32 |
| Colocación de rejillas al ingreso de la bomba | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 5 | 8 | 2 | 80 |
| Colocación de rejillas al ingreso de la bomba | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 2 | 8 | 2 | 32 |
| Colocación de rejillas al ingreso de la bomba | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 2 | 8 | 2 | 32 |
| Revisión de los aislamientos de las bobinas | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 3 | 8 | 3 | 72 |
| Estudio de cargas | Empresa contratada/ Anteproyecto | | 2 | 8 | 3 | 48 |
| Balanceo de rotor | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 3 | 8 | 2 | 48 |
| Revisión de manual para montaje | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 4 | 8 | 2 | 64 |
| Lubricar el motor | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 3 | 4 | 3 | 36 |
| Colocación de rejillas al ingreso de la bomba | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 4 | 8 | 2 | 64 |
| Cambio de rodamientos y realizar un balance adecuado | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 4 | 8 | 2 | 64 |
| Revisión de manual para montaje | Encargado de mantenimiento/ Anteproyecto | | 3 | 8 | 2 | 48 |

Elaborado por: Fabián Yanca

En la Figura N° 5 se muestra la comparación de los resultados del índice de prioridad de riesgos actual y con las acciones correctivas expuestas por el encargado donde se puede observar que existe la mejora de dicho índice.

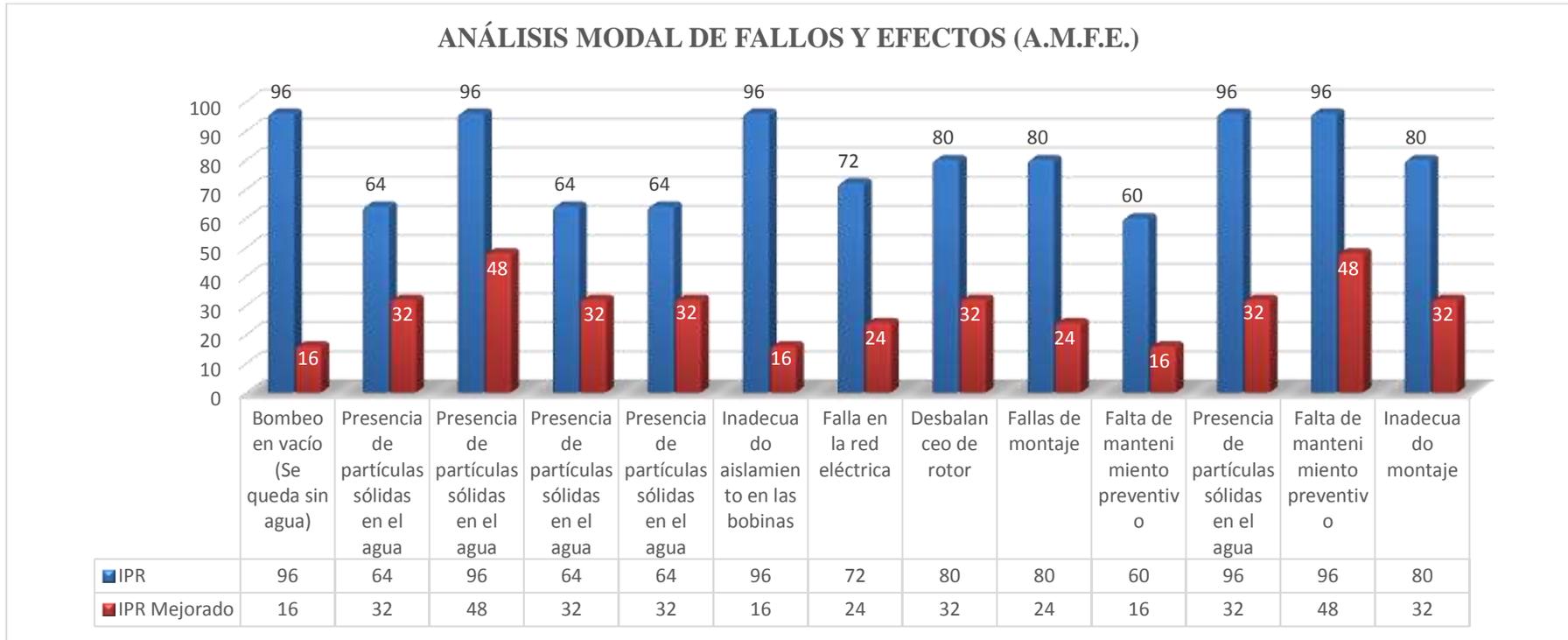


Figura N° 5 Resultados del IPR aplicando las acciones mejoradas.

Elaborado por: Fabián Yancha

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interpretación de resultados

Análisis del resultado de la aplicación del método AMFE

En la Tabla N° 18 se muestra el Análisis Modal de Fallos y Efectos donde se encontró que el índice de prioridad de riesgos del sistema de bombeo es un poco elevado, el cual debe darse prioridad por parte del departamento de mantenimiento de la empresa; debido a que una suspensión del suministro de agua potable puede causar incomodidad en los usuarios ya que el servicio de la empresa es de 24 horas por la importancia del líquido vital. En el Anexo N° 2 se muestra el formato de la ficha AMFE propuesto por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España con su codificación NTP 679, la cual fue considerada para esta investigación.

Análisis del resultado de la aplicación de la herramienta OEE

Mediante la herramienta de Efectividad Global de los Equipos del proceso del sistema de bombeo de la Planta Casigana se conoce que la disponibilidad de los equipos es del 96%, con un rendimiento del 96% y una calidad del 96%; obteniendo como resultado un OEE del 88%; en la Figura N° 4 se muestra un gráfico de barras donde se expresa la comparación del OEE obtenido con los del World Class, según esto se lo denomina como bueno y además que la empresa tiene una buena competitiva, concluyendo que los equipos se encuentran en óptimas condiciones.

En la Figura N° 2 se muestra que los equipos de la estación de bombeo Nuevo Amanecer se encuentran disponibles en un 99,90% en el año de estudio, se determina que la disponibilidad de ellos es alta puesto que en el sistema existen dos

bombas y funcionan de una forma alternada de 12 horas de funcionamiento cada una y así de esta manera cubriendo la necesidad de bombeo de agua las 24 horas del día; además se debe indicar que la empresa tiene codificados los equipos para de esta manera se logra identificar cada uno de ellos y facilitar el mantenimiento de los mismos.

En la Figura N° 3 se muestra que los equipos de la estación de bombeo para consumo interno de la planta Casigana se encuentran disponibles en un 99,88% en el año de estudio, en esta estación de bombeo también la disponibilidad de los equipos es alta debido a que tienen el mismo funcionamiento de la anterior.

Análisis del resultado del índice de prioridad de riesgos estimado.

En la Tabla N° 25 donde se expresan las acciones correctivas expuestas por el encargado del mantenimiento de las estaciones de bombeo se puede observar que existe una mejora en el índice de prioridad de riesgos, de esta manera se podría precautelar los equipos de la planta Casigana y aumentar la disponibilidad de los mismos.

El valor de frecuencia disminuyó en 1 punto en algunas de las acciones debido a que se redujeron en un 50% menos del original, y en otros se disminuyó 2 puntos debido a que se redujeron en un 100% menos del original; esto se logrará aplicando las acciones de mejora.

Contraste con otras investigaciones

En el presente trabajo las investigaciones que se tomaron en cuenta son las tesis que en el Capítulo I se mencionaron en Antecedentes, que son de autoría de Hoyer, Rafael (2014) y Benavides, Eduardo (2009).

En la investigación del ingeniero Rafael Hoyer menciona que para garantizar la competitividad de la organización se puede utilizar la teoría de competitividad de

Porter, en cambio en esta investigación se utilizó la herramienta de Efectividad Global de los Equipos para conocer la competitividad de la empresa.

En la investigación del ingeniero Eduardo Benavides menciona que se debe realizar un análisis de criticidad para conocer cuáles serían los equipos prioritarios para el mantenimiento preventivo, en esta investigación se utilizó el método de Análisis modal de fallos y efectos, para priorizar las acciones a los equipos; también el ingeniero Benavides menciona que se debe llevar un registro detallado de los avisos de fallas y órdenes de mantenimiento de cada uno de los equipos, este criterio es compartido también en esta investigación porque la empresa no cuenta con registros de paras de los equipos en cuanto se decidió realizar un REGISTRO DE PARAS DE EQUIPO, para poder lograr obtener la disponibilidad de los equipos aplicando las herramientas que se mencionaron en esta investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En la evaluación del mantenimiento preventivo de la Planta Casigana de la empresa pública EMAPA Ambato se determinó el índice de prioridad de riesgo para las estaciones de bombeo, siendo estas: la estación de bombeo para el consumo interno de la planta y la estación de bombeo para la comunidad del Nuevo Amanecer, dichos valores son menor a 100 lo cual no se requiere de intervención inmediata; dependerá de la empresa si desearía mejorar tal índice deberá tomar acciones para tal.

- En cuanto a la disponibilidad de los equipos se empleó la herramienta Efectividad Global del Equipo (OEE) que se basó al cálculo de la disponibilidad, rendimiento y calidad de cada equipo de las estaciones de bombeo, como resultado se obtuvo que el OEE del proceso es de un 88%; esto implica que se lo denomine al proceso como bueno y además que la empresa tiene una buena competitividad.

- Se concluye que posiblemente existirá un mejoramiento en el índice de prioridad de riesgos, si se tomara en cuenta las acciones expuestas por el encargado de mantenimiento de las estaciones de bombeo.

Recomendaciones

- Se recomienda tener un seguimiento y control del mantenimiento preventivo de los equipos de la planta Casigana, y también incluir en el sistema de mantenimiento un registro de fallas de donde se indique el porqué de la falla o paro de los mismos.

- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo a los equipos de la Planta Casigana cada dos años, para de esta manera precautelar los equipos y no reduzcan su rendimiento operacional y así manteniendo la disponibilidad actual ya que es buena y competitiva.

- Además como aportación para la empresa se recomienda cumplir con lo establecido en la gestión del mantenimiento preventivo, además de un adecuado manejo de los registros de mantenimiento y creación de registros de paros o fallas, donde se encuentre detallado el porqué de las paros ya que será de gran ayuda para posibles estudios de disponibilidad de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, Fidas. 2012. EL Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica. Caracas : Episteme, 2012.
- Barquet, Stefanía. 2013. El Oficial Información que Construye. REPRESA CHIQUIHURCO. [En línea] 5 de Julio de 2013. [Citado el: 9 de Febrero de 2017.] <http://www.eloficial.ec/tag/represa-chiquihurco/>.
- Bestratén, Manuel, Orriols, Rosa y Mata , Carles. 2004. NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. [aut. libro] Manuel Bestratén, Rosa Orriols y Carles Mata. Fichas de las Normas Técnicas de Prevención (NTP). España : s.n., 2004.
- Emerson. 2002. OEE 102. Disponibilidad. [En línea] 2002. [Citado el: 10 de Marzo de 2017.] http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/BusSch-OEE_102es.pdf.
- Hora, La. 2011. Noticias Tungurahua. El tratamiento del agua modernizado. [En línea] 16 de Diciembre de 2011. [Citado el: 16 de Febrero de 2017.] <https://lahora.com.ec/noticia/1101252642/el-tratamiento-del-agua-modernizado>.
- Pedraza, Arturo y Rosas, Ramón. 2011. Manual de Mantenimiento. Evaluación para Sistemas de Bombeo de Agua. Washington : s.n., 2011.
- BENAVIDES, Eduardo. GESTION DE MANTENIMIENTO EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PRODUCTOS EFE S.A. [en línea]. Febrero del 2009. [Fecha de consulta: 04 de enero del 2017]. Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000147305.pdf>
- HOYER, Rafael. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTICO PARA LAS INSTALACIONES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE [en línea]. 18 de Julio del 2014. [Fecha de consulta: 16 de enero del 2017]. Disponible en: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS8053.pdf>

- REPORTEO INDUSTRIAL. Formulas de cálculo de indicadores de disponibilidad [en línea]. 03 de Octubre del 2016. [Fecha de consulta: 01 de febrero del 2017]. Disponible en:
<http://www.reporteroindustrial.com/blogs/Formulas-de-calculo-de-indicadores-de-disponibilidad+115450>
- Sistemas OEE Technology to improve. Definición del OEE [en línea]. 09 de Marzo del 2016. [Fecha de consulta: 04 de Mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.sistemasoe.com/oe/85-para-principiantes/89-definicion-oe>
- COLLANTES, Jaime. Una Poderosa Herramienta para Incrementar la Rentabilidad de Mantenimiento [en línea]. 2005. [Fecha de consulta: 02 de Junio del 2017]. Disponible en:
<http://www.mantenimientomundial.com/foro/cl/2005/jaime.pdf>

ANEXOS

Anexo N° 1 Fotografías de bombas codificadas.

| Equipos del sistema de bombeo para consumo interno | | |
|---|---------------------|---|
| Equipo | Codificación | Fotografía |
| Bomba Hidráulica | PC 30-80.2 |  |
| Bomba Hidráulica | PC 30-80.1 |  |

| Equipos del sistema de bombeo Nuevo Amanecer | | |
|---|---------------------|--|
| Equipo | Codificación | Fotografía |
| Bomba Hidráulica | PC-30-36.1 |  |
| Bomba Hidráulica | PC-30-36.2 |  |

Anexo N° 2 Formato NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)

| OPERACIÓN O FUNCIÓN | AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/> | | AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/> | | DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO | | | CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE | | | NÚM. | | |
|---------------------|--|-----------------------------|--|--|---|--|---|---|-----|--|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| | NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR. | | | | COORDINADOR. (Nombre / Dpto.) | | | MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN | | | FECHA INICIO / FECHA REVISIÓN | | |
| | FALLO N° | MODOS DE FALLO | EFECTOS | CAUSAS DEL MODO DE FALLO | ESTADO ACTUAL | MEDIDAS DE EMERGENCIA Y CONTROL PREVENTIVO | F | G | D | IPR | ACCIÓN CORRECTIVA | RESPONSABLE / PLAZO | SITUACIÓN DE MEJORA |
| Soldadura MIG | 1.1 | Falta soldadura | Retrabajos, ruidos, falta de rigidez | Defectos de acoplamiento | Ninguna | 8 | 6 | 2 | 128 | Previstos grupos y aprietos en zona MIG. | Proceso Chapa / Antiproyecto | | |
| | 1.2 | | | Pastillas fuera de geometría | Ninguna | 8 | 6 | 2 | 128 | Pastillas bien diseñadas para dar antizar geometría. | Proyecto / Antiproyecto | | |
| | 1.3 | Soldadura discontinua | Agrietos en chapa | Desacoplamiento chapas | Ninguna | 8 | 6 | 2 | 128 | Garantizar geometrías y acoplamiento. | Proceso Chapa / Antiproyecto | | |
| | 1.4 | Mala calidad de soldadura | Retrabajos, ruidos, grietas | Perímetros de soldadura incorrectos | Ninguna | 2 | 9 | 6 | 144 | Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los mixturas. | Proceso Chapa / Antiproyecto | | |
| | 1.5 | Proyecciones suciedad poros | Oxido, suciedad en bases en juntas | Falta de gas. Malos parámetros | Ninguna | 6 | 6 | 7 | 336 | Incorporar medidas en la estación para eliminar suciedad. | Proceso Chapa / Antiproyecto | | |
| | 1.6 | Destumbramiento | Problemas de visión de los operarios | Ausencia de veñas oscuras | Ninguna | 10 | 6 | 2 | 160 | Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG. | Proceso Chapa / Antiproyecto | | |
| | 1.7 | | | Ausencia de veñas oscuras | Ninguna | 10 | 6 | 2 | 160 | Colocar pastillas de protección para no deslumbrar. | Proceso Chapa / Antiproyecto | | |
| | 1.8 | Exceso de humo | Exposición a agentes químicos | Campañas de humos abarcadas muy alejadas de la zona de emanación del humo. | Ninguna | 6 | 6 | 4 | 192 | Colocar campañas de aspiración, junto al lado de la fuente del humo. | Proceso Chapa / Antiproyecto | | |
| | 1.9 | Exceso de fuego | Proyecciones | No hay protección | Ninguna | 6 | 5 | 6 | 180 | Caja de labón que proteja chapa y la máquina, todo ello en sus partes vitales. | Proceso Chapa / Antiproyecto | | |

TABLA 5. Continuación

| ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.) | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|---|--|---|--|---|----|-------------------------------|---------------------|---|------------------------------|---|
| AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/> | | AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/> | | DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO | | CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE | | Hoja: | | FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN: | | |
| NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR: | | | | COORDINADOR: (Nombre / Depto.) | | | | MODELO/SUBSISTEMA/FABRICACIÓN | | | | |
| OPERACIÓN O FUNCIÓN | FALLO Nº | FALLOS POTENCIALES | | CAUSAS DEL MODO DE FALLO | MEDIDAS DE EMERGENCIAS Y CONTROL PREVIAS | ESTADO ACTUAL | | ACCIÓN CORRECTIVA | RESPONSABLE / PLAZO | SITUACIÓN DE MEJORA | | |
| | | MODOS DE FALLO | EFFECTOS | | | F | O | | | D | F | O |
| Estaciones de geometría y soldadura en general | 2.1 | Dificultad de controlar puntos de soldadura ocultos | Rechazo, reparaciones, retrabajos | Imposibilidad de controlar al no poder sacar de la línea piezas que incluyen otras que después quedan tapadas | Ninguna | 10 | 7 | 8 | 500 | Modificar programas para sacar muestraos sin perder producción | Proceso Chapa / Anteproyecto | |
| | 2.2 | Piezas mal posicionadas o invertidas | Rechazos, retrabajos | Útil permite varias posiciones | Ninguna | 10 | 10 | 5 | 500 | Poleyo de utillaje para encontrar solución | Proceso Chapa / Anteproyecto | |
| Fechado y marcado de conjuntos | 3.1 | El marcador no marca | Identificación y reclamación dificultosa, rechazos | Mal funcionamiento del marcador, rotura, falta de energía | Control visual y penalización, en auditoría intermedia | 10 | 5 | 1 | 60 | Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación | Proceso Chapa / Anteproyecto | |
| | 3.2 | Marcaje deficiente | Identificación y reclamación dificultosa, rechazos | Incorrecta orientación respecto a la pieza | Control visual y penalización, en auditoría intermedia | 6 | 6 | 1 | 36 | Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación | Proceso Chapa / Anteproyecto | |

Anexo N° 4 Registro semanal de mantenimiento Electromecánico (REG-EM-001)

|  | | REGISTRO SEMANAL DE MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO | | | | | FECHA: |
|---|---------------|--|---|----------------------|-----------|---------------------------|----------------|
| | | REG-EM-001 | | | | | VERSION: |
| | | | | | | | PAGINA: |
| MES: Julio | | AÑO: 2016 | | | | | DEL: 25 |
| | | | | | | | AL: 29 |
| DIA | ESTACION | EQUIPO | TRABAJO REALIZADO Y OBSERVACIONES | REPUESTOS UTILIZADOS | Nº EGRESO | TIEMPO SISTEMA PARALIZADO | REALIZADO POR: |
| LUNES | Casigara | // | Levantamiento y arreglo tablero dosificación automatica de polimero | // | // | // | JE |
| MARTES | Casigara | // | Levantamiento y arreglo tablero dosificación automatica de polimero | // | // | // | JE |
| MIERCOLES | Casigara | // | Levantamiento y arreglo tablero de caudalimetro de ingreso y tubidimetro | // | 4355 | // | JE |
| JUEVES | Casigara | // | Cambio de luminarias caseta de bombeo limpieza y ajuste de boqueras de macrometodos de filtros. Colocación de lampara de alumbrado publica. Limpieza y ajuste de terminales, y arreglo luminaria de filtro Conexion de lampara de alumbrado publico. | // | // | // | JE. |
| VIERNES | San Francisco | | Traslado de tubería y accesorios EP-EMAPARCIA Valencia y viceversa. Compra de carones en Polipropileno Limpieza exterior de Estación COPIA NO CONTROLADA | // | 4459 | // | JE |
| SABADO | // | // | // | // | // | // | // |

Diciembre AÑO: 2016 DEL: 07 AL: 11

| STACION | EQUIPO | TRABAJO REALIZADO Y OBSERVACIONES | REPUESTOS UTILIZADOS | Nº EGRESO | TIEMPO SISTEMA PARALIZADO | REALIZADO POR: |
|------------------------------|---------------|--|----------------------|-----------|---------------------------|----------------|
| Wilson 2 | Q210 | Desmontaje turba superior. Desmontaje de eje e impulsores. Revisión de impulsores | // | // | // | JE WP |
| Wilson 2 Propio | Q210. Z130 | Vista con contratista para arreglo de bomba. Inspección de extracción de conjunto bomba-motor | // | // | // | JE WP |
| Sigema. ulum. | | Montaje de nuevo macromedidor. ingreso de agua cruda, inspección del sistema de iluminación. Revisión sistema eléctrico con contratista | // | // | // | JE WP |
| No Propio Francisco | | Inspección. colocación de conjunto bomba-motor. Pruebas de alineación con equipo FLUKA. Cambio de pincesstopas | // | // | // | JE WP |
| No Propio Arturo ulum. | Z120 | Revisión del sistema de bombeo. cambio a REPENAPIA. Revisión sistema de control. Q510 no responde. Visita sistema de embalsamiento. | // | // | // | JE WP |
| // | // | // | // | // | // | // |

COPIA NO CONTROLADA
 [Signature]