

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“PLAN DE MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE VENTILACION DEL GRUPO ELECTROGENO BASADO EN EL CICLO DE DEMING DE LA AGENCIA BANCARIA PICHINCHA – TUMBES 2020”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ZVALETA MARCA, ELVIS JUNIOR

ASESOR

YARIN ACHACHAGUA ANWAR JULIO

Villa el Salvador
2020

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de seguir estudios profesionales.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por impartirme sabios conocimientos y lograr desarrollarme en el aspecto académico.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| LISTADO DE FIGURAS | vi |
| LISTADO DE TABLAS | vii |
| OBJETIVOS | viii |
| CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO..... | 9 |
| 1.1 Estado del arte | 9 |
| 1.2 Bases teóricas..... | 13 |
| 1.2.1 Mantenimiento | 13 |
| 1.2.2 Ciclo de Deming..... | 14 |
| 1.2.3 Aplicación del Ciclo de Deming..... | 15 |
| 1.2.4 Sistemas de ventilación | 16 |
| 1.3 Definición de términos básicos..... | 18 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL..... | 19 |
| 2.1. Delimitación temporal y espacial del trabajo | 19 |
| 2.1.1. Delimitación temporal del trabajo | 19 |
| 2.1.2. Delimitación espacial del trabajo | 19 |
| 2.2. Determinación y análisis del problema..... | 19 |
| 2.3. Modelo de solución propuesto | 25 |
| 2.3.1. Planear..... | 25 |
| 2.3.2. Hacer..... | 32 |
| 2.4. Resultados | 38 |

| | |
|------------------------|----|
| 2.4.1. Verificar | 38 |
| 2.4.2. Actuar | 41 |
| CONCLUSIONES..... | 44 |
| RECOMENDACIONES | 45 |
| BIBLIOGRAFÍA | 46 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1.</i> Etapas del Ciclo de Deming | 15 |
| <i>Figura 2.</i> Hélice axial | 17 |
| <i>Figura 3.</i> Rodete centrífugo | 17 |
| <i>Figura 4.</i> Agencia bancaria Tumbes del Banco Pichincha | 19 |
| <i>Figura 5.</i> Ambiente donde se encuentra el grupo electrógeno | 20 |
| <i>Figura 6.</i> Porcentaje de mantenimiento preventivo | 22 |
| <i>Figura 7.</i> Árbol del problema. Banco Pichincha, Agencia Tumbes | 24 |
| <i>Figura 8.</i> Flujo de funciones de la planificación de mantenimiento | 31 |
| <i>Figura 9.</i> Proceso de Mantenimiento Preventivo | 35 |
| <i>Figura 10.</i> Proceso de Mantenimiento correctivo | 37 |
| <i>Figura 11.</i> Proceso Análisis de averías | 39 |
| <i>Figura 12.</i> Diagrama de Pareto | 41 |
| <i>Figura 13.</i> Porcentaje de mantenimiento preventivo | 42 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Ficha técnica del sistema de ventilación</i> | 25 |
| Tabla 2. <i>Hoja de vida del sistema de ventilación</i> | 28 |
| Tabla 3. <i>Proceso de Planeación del mantenimiento</i> | 29 |
| Tabla 4. <i>Plan de mantenimiento del sistema de ventilación</i> | 32 |
| Tabla 5. <i>Proceso Mantenimiento preventivo</i> | 34 |
| Tabla 6. <i>Proceso de mantenimiento correctivo</i> | 36 |
| Tabla 7. <i>Proceso Análisis de averías</i> | 38 |
| Tabla 8. <i>Fallas más frecuentes</i> | 40 |

OBJETIVOS

a. General

Diseñar el plan de mantenimiento basado en el Ciclo de Deming en el sistema de ventilación del grupo electrógeno en la agencia bancaria Tumbes del Banco Pichincha, 2020.

b. Específicos

- Identificar las fallas en el sistema de ventilación del grupo electrógeno en la agencia bancaria Tumbes del Banco Pichincha, 2020.
- Determinar las actividades, criterios y frecuencias de ejecución del mantenimiento en el sistema de ventilación del grupo electrógeno en la agencia bancaria Tumbes del Banco Pichincha, 2020.
- Adaptar al Ciclo de Deming las actividades, criterios y frecuencias de ejecución del mantenimiento en el sistema de ventilación del grupo electrógeno en la agencia bancaria Tumbes del Banco Pichincha, 2020.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Estado del arte

Distintos estudios han utilizado el ciclo de Deming y otras herramientas como fundamento para el plan de mantenimiento en distintas áreas de la actividad eléctrica; así a nivel internacional se encuentra Anaguano (2018) en su trabajo de maestría titulado “Modelo de un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de Preparación Hilatura”, presentado en la Maestría en Dirección de Empresas de la Universidad Andina Simón Bolívar, de Ecuador; se planteó presentar un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de Preparación Hilatura de Vicunha Ecuador. Se utilizaron los conceptos de Administración de Procesos para conocer la situación actual del área en estudio, tanto a escala operativo productivo como en lo referente al mantenimiento. Para su desarrollo, se procedió a evaluar distintos modelos de mantenimiento, para establecer el que mejor se adaptara, en este sentido, el rediseño de los procesos se ejecutó mediante el ciclo de Deming, siendo necesario incorporar nuevos procesos al mantenimiento. Entre las principales conclusiones, el autor indica que el modelo de mantenimiento propuesto basado está en procesos, integrados en el ciclo PDCA (del inglés Plan-Do-Check-Act), lo cual permitirá una mejora continua en los procesos de mantenimiento, fundamentado en indicadores con metas realizables, lo que se asegura que cada proceso cumpla con las metas previstas y se verá reflejado en el desempeño global del mantenimiento y un incremento en el nivel de disponibilidad de la maquinaria, lo que conlleva a un mejor índice de producción.

Ramos (2017) desarrolló una investigación titulada “Implementación de metodología 5s sostenible en taller de mantenimiento de central termoeléctrica región de Valparaíso”, para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico en la Universidad Técnica Federico Santa María, de Chile. Su objetivo principal fue implementar la metodología 5S en el taller de mantenimiento y pañol de la Central Termoeléctrica, para mejorar gestión e indicadores característicos de calidad, productividad y competitividad. En este contexto, se recopiló información acerca de la metodología de las 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke); luego, se implementó el método en la empresa AES Gener,

empleando el ciclo Deming para su ejecución, para ello se elaboró un plan de acción con base en los pasos de la metodología 5S; posteriormente se documentó la metodología a través de informes la implementación de las 5s. Al concluir estas etapas, el autor señala que la implementación de las 5S fue un éxito, puesto que, de acuerdo con la encuesta de satisfacción al personal, el porcentaje se incrementó, lo cual se logró verificar con los resultados de una auditoría llevada a cabo en la empresa.

Alfonso y Soto (2017) presentaron su trabajo titulado “Propuesta de plan de mejora para el proceso de Soporte al Cliente del área Comercial de Kantar IBOPE Media Colombia S.A.S., con base en los lineamientos del numeral 9.1 de la NTC-ISO 9001-2015”, para optar al título de Especialistas en Gerencia en Calidad de Productos y Servicios de la Universidad Libre, Colombia. Esta investigación tuvo como propósito estructurar la propuesta del plan de mejora del proceso de Soporte al Cliente del área Comercial de Kantar IBOPE Media Colombia S.A.S., con base en el numeral 9.1 de la NTC-ISO 9001:2015, para evaluar el desempeño. Como conclusión, las autoras expresan antes de plantear la propuesta, se identificaron las causas de la problemática, empleando el diagrama de causa-efecto, evidenciándose que no existían protocolos definidos de los procesos, asimismo, en cuanto a la mano de obra no se realizaba ningún un seguimiento formal; por lo que este tipo de situaciones fueron integradas para proponer las estrategias necesarias, según se generaron de la matriz DOFA. Luego del diagnóstico, se elaboró el plan de mejora, en el cual se proponen acciones preparadas, organizadas e integradas, dentro del proceso de Soporte al Cliente, para contribuir a la evaluación del desempeño y a la mejora continua, como lo establece la ISO 9001:2015.

Miranda (2015) en su trabajo de pregrado titulado “Diseño de mejoramiento en los procedimientos de la línea de tubos de horno aplicando el círculo de Deming en la empresa Mabe S.A.”, presentado para optar al título de Ingeniero Industrial en la Universidad de Guayaquil, Ecuador; la investigación plantea una propuesta para la minimización de fallas en el área de tubos, especialmente en la línea de tubos de horno, en la empresa Mabe S.A. que permitirá mejorar la continuidad operativa y por su consiguiente la productividad empleando para ello las técnicas de Deming, cuyo objetivo principal fue la investigación a base de la observación. Para realizar la medición fueron aplicadas varias

herramientas de mejoramiento, entre éstas la recolección de datos con los diagramas de causa y efecto, así como los histogramas, empleados como una herramienta visual que permite evaluar las causas a la vez que se promueve la cultura de análisis de datos. Posteriormente, se propuso la intervención urgente del taller, en el se requería un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, seguido de actividades de formación al personal. Entre las principales conclusiones, las autoras indican que el proceso de mejoramiento continuo aplicado en la empresa Mabe S.A., se enfocó como un sistema de control de la calidad con el propósito de optimizar las condiciones del producto; por lo que el ciclo de PVHA se debe aplicar en forma continua para poder lograr los mejores resultados finales.

En el ámbito nacional, Casas (2019) realizó un trabajo de suficiencia profesional titulado “Elaboracion del plan de mantenimiento eléctrico preventivo aplicado a los grupos electrógenos de la empresa Adeprosac San Isidro 2019”, presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico Eléctricista en la Universidad Nacional Técnica de Lima Sur, con el objeto de elaborar el plan de mantenimiento eléctrico preventivo aplicado al grupo electrógeno del edificio administrado por la empresa Adeprosac San Isidro 2019. De esta manera, el autor concluyó que el plan de mantenimiento eléctrico preventivo, mejoró la operatividad del grupo electrógeno, logrando reducir la frecuencia de un mantenimiento correctivo no deseado, lo que contribuirá con la economía del edificio; por otra parte, las fallas reportadas, la toma de data de acciones, los mantenimientos correctivos realizados al grupo electrógeno, harán posible la agilización de la gestión del mantenimiento eléctrico preventivo; finalmente, el autor señala que las actividades, los criterios y la frecuencia de realización del mantenimiento eléctrico preventivo harán posible el control del estado del grupo electrógeno, lo cual permitirá tomar acciones cuando se requerido.

Cenzano (2019) en su trabajo de suficiencia profesional titulado “Mejora y actualización del plan de mantenimiento preventivo de equipamiento biomédico de emergencia, UCI, UCIN y sala de operaciones del Hospital Guillermo Kaelin de la Fuente”, para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico Y Telecomunicaciones en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, desarrollado con el objeto de mejorar y actualizar el Plan de Mantenimiento Preventivo de los equipos biomédicos de Emergencia, UCI, UCIN y Sala de

Operaciones del Hospital Guillermo Kaelin de la Fuente. El proyecto elaborado estuvo orientado a desarrollar una propuesta de mejora y actualización del Plan de Mantenimiento Preventivo, para reemplazar el plan que tenía el Hospital Guillermo Kaelin de la Fuente. Como conclusión se destaca que la prueba piloto del Nuevo Plan de Mantenimiento incluyó un equipo de cada tipo, con muestra de 25 equipos, por lo que logró un aumento de la frecuencia de mantenimiento durante el año 2018, lo que permitió disminuir un 65.84% del total de averías presentadas con respecto al año 2017, lo que significó un ahorro de 263,655 nuevos soles.

Espinoza (2019) realizó un estudio titulado “Propuesta de implementación del Ciclo Deming para mejorar la gestión de compras en el área de mantenimiento y servicios generales de una universidad en el Distrito de Los Olivos-2018”, para optar el título profesional de Licenciada en Administración y Gerencia; teniendo como objetivo principal demostrar que la propuesta de implementación del ciclo Deming permitirá mejorar la gestión de compras en el área de mantenimiento y servicios generales de una universidad en el distrito de Los Olivos, 2018. Con el desarrollo del estudio la autora logró llegar a las siguientes conclusiones, la ejecución del “Ciclo de Deming” mejorará la gestión de compras en el área de mantenimiento y servicios generales de una universidad ubicada en Los Olivos, lo cual será factible mientras se ejecute y controle el cronograma de implementación del proyecto, donde se establecen los puntos de control necesarios para el seguimiento del proyecto y sus indicadores de cumplimiento; asimismo, la propuesta permitirá la mejora en la identificación de las fallas potenciales vinculadas con el planeamiento en la gestión de compras; también, permitirá mejorar las acciones preventivas planeadas en la gestión de compras y mejorar el control en dicha gestión.

Orozco (2019) realizó un trabajo de suficiencia profesional titulado “Aplicación de la metodología del mantenimiento autónomo para mejorar el plan de mantenimiento correctivo y preventivo de los sistemas eléctricos de distribución de la Unidad de Negocios Bellavista – Electro Oriente S.A. – San Martín”, para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, planteado con el propósito de introducir mejoras al plan de mantenimiento correctivo y preventivo de los sistemas eléctricos de distribución de la Unidad de Negocios Bellavista (UNB)

Electro Oriente S.A, aplicando la metodología del mantenimiento autónomo. Entre las principales conclusiones con el estudio se logró demostrar que la implementación de la metodología del mantenimiento autónomo, empleando los principios básicos de inspección, ajuste y limpieza, mejora los mantenimientos correctivos y preventivos de la Unidad de Negocios Bellavista (UNB); asimismo, se reducirían los indicadores SAIFI con mantenimiento autónomo de 37.97% con respecto al SAIFI actual y SAIDI con mantenimiento autónomo de 12.93% con respecto al SAIDI actual, también, con el mantenimiento autónomo la reducción de la tolerancia acumulada hasta agosto del indicador SAIFI de distribución de 3.81 falla/usuario-año a 2.5 falla/usuario-año, y el indicador SAIDI de distribución de 8.30 horas/usuario-año a 6.96 horas/usuario-año.

Castellanos (2018) realizó la investigación titulada “El ciclo deming para mejorar la productividad en los procesos de una empresa textil”, para optar al título de ingeniero industrial en la Universidad Peruana Los Andes; con el objetivo de determinar cómo la aplicación del ciclo Deming mejora la productividad en los procesos de la empresa de Servicios Textiles Asociados SAC, Lima 2018. El tipo de investigación empleada fue aplicada, con nivel explicativo y un diseño cuasi experimental, cuya población de estudio fueron los resultados de la producción durante 30 días previo a la aplicación de la propuesta mes de mayo y después de la aplicación del Ciclo Deming, en el mes de agosto, la muestra fue de tipo no probabilístico. La principal conclusión fue el aumento de la productividad con la aplicación del Ciclo Deming en la empresa Servicios Textiles Asociados SAC, de un 11.70% a un 56.30%, incrementándose un 44.6%; asimismo, se registró una mejora significativa de la eficiencia de los procesos de servicios textiles, con un incremento de 46.71%; y también se mejoró la eficacia con la aplicación del círculo Deming en un 35.84%.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Mantenimiento

El mantenimiento es un proceso clave del proceso industrial, García (2013, p. 1) lo define como “el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible

(buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”. En estos terminos, el mantenimiento es clave en las organizaciones, pues en esencia es la actividad o proceso que permitirá la continuidad de las operaciones, en virtud de un conjunto de actividades que permitirían maximizar la eficiencia de los recursos y con ello mejorar el rendimiento de los equipos, a la vez que se garantiza su protección y adecuado funcionamiento, respetando parametros y estándares para lograrlo.

En este mismo orden de ideas, la Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento (EFNMS, citada por Orozco, 2019, p. 7) define el mantenimiento como el compendio de actividades técnicas y administrativas, dirigidas a la preservación o restitución de un sistema, subsistema, instalación, planta, máquina, equipo, estructura, edificio, conjunto, componente o pieza, al estado en el que le sea posible desarrollar su función; mientras que la Asociación Española para la Calidad, señala que el mantenimiento representa el conjunto de acciones orientadas a mantener un artículo o rehabilitarlo a un estado en el que retome su capacidad re ejecutar la función requerida, dichas acciones abarcan la combinación de acciones técnicas y administrativas necesarias (Orozco, 2019, p. 8).

1.2.2 Ciclo de Deming

El ciclo, ruta o rueda de Deming, se conoce también como ciclo de Shewart, ciclo PDCA («plan, do, check, act») o ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar, actuar), representa una de las bases primordiales en la planificación y mejora de la calidad.

Es un ciclo de mejora continua, que comprende cuatro pasos fundamentales que deben ejecutarse de forma sistemática para conseguir dicha mejora, concibiéndolo como la mejora continua de la calidad, implica así, disminución de errores o fallas, incremento de la eficacia y la eficiencia, resolución de los problemas, eliminación anticipada de riesgos potenciales, mejoras administrativas y actualización de procesos tradicionales (García, Gutiérrez y Quintero, 2018). Asimismo, es importante destacar que el Ciclo de Deming, estas cuatro etapas son cíclicas; por lo que, una vez concluida la última etapa, es necesario regresar a la primera e iniciar nuevamente dicho ciclo, de forma tal que las actividades se revisen y evalúen de forma

periódica, incorporando las nuevas mejoras que sean requeridas en el proceso. Estas etapas del PHVA (ver Figura 1), según García et al. (2018) son las siguientes:

Planificar: definir los objetivos y los procesos que se requieren para lograr los resultados en base a las perspectivas de los clientes y en función de las políticas de la empresa.

Hacer: efectuar los procesos, desarrollar y emplear las tareas de acuerdo a la planificación.

Verificar: comprende el seguimiento y evaluación de los procesos y los productos en función de las políticas, los objetivos y los parámetros del producto, así como reportar los resultados.

Actuar: aplicar las medidas necesarias orientadas a la mejora continua de los procesos, considerando incluso la necesidad de modificar el modelo en caso de que sea necesario, volviendo así a la etapa de la planificación.



Figura 1. Etapas del Ciclo de Deming o PHVA

Fuente: García et al. (2018)

1.2.3 Aplicación del Ciclo de Deming

La aplicación del Ciclo PDCA, Ciclo de Deming o de Shewhart, comprende diversos pasos, los cuales son señaladas por Barrasa y García (2012, p. 48) a continuación como pasos para este tipo de metodologías para la mejora continua:

1. Identificar problemas u oportunidades de mejora, trata de la identificación de los problemas más relevantes que existen en un ámbito preciso de la organización.
2. Seleccionar (priorizar) las situaciones mejorables más importantes: es decir, saber elegir la situación por donde se comenzará la mejora; para ello existen diversas metodologías que permiten dar prioridad a las situaciones problemáticas.
3. Análisis causal: Este análisis inicial se realiza para indagar acerca de las posibles causas de los problemas detectados, pudiendo tener múltiples orígenes, por lo que será a su vez necesario identificar las principales.
4. Medición de la situación actual: Permite establecer cuál es el estado real de partida, verificar las hipótesis causales identificadas en la fase de análisis, establecer posibles nuevas causas no consideradas previamente y servir de guía y de evidencia de los avances que se logren.
5. Propuesta e implantación de acciones de mejora: Luego de analizar y conocer el problema, es imprescindible, proponer, seleccionar e implantar las medidas adecuadas para solventar la situación problemática.
6. Reevaluación: Luego de un tiempo de aplicadas las medidas correctivas, es necesario volver a evaluar la situación inicial, para así verificar si efectivamente se ha logrado corregir algo.

1.2.4 Sistemas de ventilación

Un sistema de ventilación o simplemente ventilación, según Soler y Palau (2012, p. 6), es un mecanismo donde se realiza el remplazo de una fracción de aire, considerada indeseable, por otra con mejor pureza, temperatura, humedad, etc.; estos sistemas de ventilación son empleados en personas, solventando funciones vitales como; por ejemplo, el suministro de oxígeno, controlar el calor y mejorando las condiciones de confort. Asimismo, son usados en la ventilación de máquinas e instalaciones industriales, especialmente para atenuar las altas temperaturas, la toxicidad de ambientes, asegurando así la salud de los trabajadores ubicados en estos ambientes de trabajo.

Uno de los elementos centrales de un sistema de ventilación es el ventilador, un aparato mecánico, que gira para hacer circular el aire y mantener la ventilación en el espacio para el cual esté destinado; definido como una máquina rotativa que se encarga de poner el aire o un gas en movimiento, técnicamente, es una turbomáquina que transfiere energía para producir la energía requerida para generar la presión suficiente para mantener un flujo de aire permanente (Salvador Escoda S.A., s.f.).

En general, un ventilador se compone de: a) elemento rotativo, b) soporte, c) Motor: Siendo el elemento rotativo la pieza que gira sobre el eje del mismo, puede ser una hélice (ver Figura 3) o un rodete (ver Figura 4), en los ventiladores de hélice, generalmente, mientras que el motor es el elemento que hace girar la hélice o rodete (Soler y Palau, 2012).

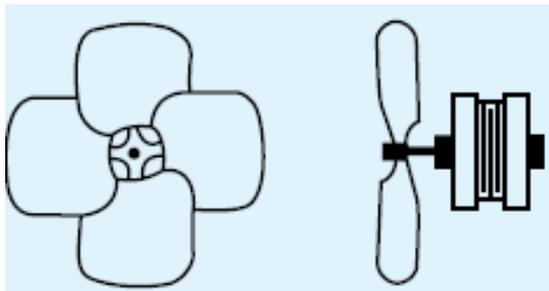


Figura 2. Hélice axial

Fuente: Soler y Palau (2012, p. 40).



Figura 3. Rodete centrífugo

Fuente: Soler y Palau (2012, p. 40).

1.3 Definición de términos básicos

- **Ciclo de Deming:** Es una herramienta empleada en el proceso de mejora continua de la calidad, que se estructura de cuatro fases, planificar, hacer, comprobar y actuar, este ciclo fue creado originalmente por el Dr. Walter A. Shewhart, pero fue popularizado en Japón en la década de 1950 por el Dr. Edwards Deming (OMS, 2016, p. 224).
- **Grupos electrógenos:** Máquina de trabajo operado por un motor diésel o de gasolina, consignado a proveer a consumidores distantes de una red eléctrica comercial (Bocanegra & Zubiate, citados por Casas, 2019, p. 26).
- **Mantenimiento:** Compendio de actividades técnicas y administrativas, dirigidas a la preservación o restitución de un sistema, subsistema, instalación, planta, máquina, equipo, estructura, edificio, conjunto, componente o pieza, al estado en el que le sea posible desarrollar su función (EFNMS, citada por Orozco, 2019, p. 7).
- **Mantenimiento preventivo:** Acciones conjuntas que se realizan de manera anticipada para prevenir posibles averías (Casas, 2019, p. 33).
- **Mantenimiento correctivo:** Acciones conjuntas que se realizan cuando la falla ya se produjo (Casas, 2019, p. 33).
- **Mecanismo:** Grupo de elementos mecánicos que funcionan coordinadamente para llevar a cabo un trabajo o un movimiento específico (Mamani, 2019, p. 63).
- **Plan:** Conjunto de programas y proyectos vinculados entre sí y dispuestos para un objeto común (Mamani, 2019, p. 63).
- **Plan de mantenimiento:** Define los programas de mantenimiento que se deben ejecutar un lapso de tiempo determinado (Orozco, 2019, p. 38).
- **Sistema de ventilación:** Es un mecanismo donde se realiza el remplazo de una fracción de aire, considerada indeseable, por otra con mejor pureza, temperatura, humedad (Soler y Palau, 2012, p. 6).

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

2.1. Delimitación temporal y espacial del trabajo

2.1.1. Delimitación temporal del trabajo

El trabajo de suficiencia profesional comprende el periodo Agosto-Noviembre de 2020, realizándose en este lapso de tiempo la recolección de la información documental y de campo para el desarrollo del trabajo, en tal sentido, todo lo comprendido dentro de este tiempo será incorporado de acuerdo a la planificación realizada por el autor.

2.1.2. Delimitación espacial del trabajo

El trabajo de suficiencia profesional se realizará en la agencia bancaria Tumbes del Banco Pichincha, ubicado en la calle Bolívar N° 143 – 145, frente a la Plaza de Armas de Tumbes (ver Figura 4).



Figura 4. Agencia bancaria Tumbes del Banco Pichincha
Fuente: Banco Pichincha (2020)

2.2. Determinación y análisis del problema

Una de los aspectos más importantes de cualquier Agencia Bancaria es la calidad de sus instalaciones, unido por la atención del personal. En este sentido, se debe indicar que las instalaciones de la Agencia Pichincha en

Tumbes es una edificación que cuenta con tres pisos, de los cuales, en los pisos 1 y 2 se atiende a los clientes que se dirigen al área de préstamos. Para que la agencia bancaria opere con normalidad, existen dos equipos primordiales, que deben operar en forma óptima para garantizar la conformidad de los clientes, estos equipos son el aire acondicionado y los extractores. Es por ello, que la agencia cuenta con un grupo electrógeno (ver Figura 5), el cual se encuentra ubicado en un ambiente al fondo de la agencia, en el piso 1. Este equipo se encarga de abastecer de red eléctrica a la agencia bancaria cuando se produce un corte de luz imprevisto, con el objeto de no afectar la operatividad de la agencia.



Figura 5. Ambiente donde se encuentra el grupo electrógeno
Elaboración propia

El equipo (grupo electrógeno) es importante para mantener en funcionamiento los diversos equipos que son estratégicos para la operatividad de la agencia como computadoras, impresoras, bimatic, ticketeras, etc. El grupo electrogeno tambien respalda el sistema de iluminacion en toda las areas de trabajo. En muchas oportunidades, la concesionaria eléctrica de Tumbes, ENOSA realiza cortes imprevistos de red eléctrica, lo cual se debe a caidas de tension en sus

fases, problemas con su transformador o mantenimiento de la sub-estacion. Cuando se origina corte de red electrica, automaticamente entra en respaldo el UPS (sistema de alimentaci3n interrumpida, en espa3ol) a fin de dar continuidad de energia a toda las tomas estabilizadas donde se conectan todos los equipos de computo, este equipo UPS tiene una duraci3n m3xima de 30 minutos, aunque por motivos desconocidos, tambien ha presentado fallas ocasionales.

Es por ello que, el grupo electr3geno debe encenderse a los 30 segundos de haberse producido el corte de red electrica, pero como fue indicado, existen otras fallas como la falta de ox3geno o aire en el ambiente donde se encuentra este equipo, evidenciandose as3, fallas en el sistema de ventilaci3n del equipo que ameritan ser resueltas para que logre operar con normalidad, minimizando o eliminando las posibles fallas y as3 garantizar la operatividad de la agencia bancaria, especialmente la p3rdida de informaci3n al apagarse las computadoras de la agencia, as3 como los aires acondicionados, lo cual genera incomodidad, p3rdidas antes al SBS y molestia en los clientes.

En concordancia con lo se3alado, se plantea la necesidad de dise3nar el plan de mantenimiento basado en el Ciclo de Deming en el sistema de ventilaci3n del grupo electr3geno en la agencia bancaria Tumbes del Banco Pichincha, que permita una adecuada ventilaci3n del equipo y con ello evitar sus fallas, es decir, que pueda entrar en funcionamiento cuando se le requiera; pues, incluso, en varias oportunidades se ha tenido que alquilar estos equipos a empresas especializadas, para mantener la continuidad de la agencia Tumbes del Banco Pichincha.

A continuaci3n, se presenta el esquema de la problem3tica existente para su mejor compresi3n (ver Figura 6). En funci3n de esta problem3tica, se requiere de una opci3n de mejora continua, con la finalidad de identificar cada causa existente y alertar sobre riesgos futuros, lo cual es posible alcanzar utilizando la alternativa propuesta.

A continuaci3n, se detalla indicadores de mantenimiento antes de realizar el plan de mantenimiento basado en el Ciclo de Deming:

- a. Porcentaje de mantenimiento preventivo, el cual indica el número de mantenimientos correctivos según los mantenimientos preventivos. Se expresa de la siguiente manera:

$$\% \text{ Preventivos} = \frac{\# \text{ paros preventivos}}{\# \text{ paros preventivos} + \# \text{ paros correctivos}} \dots (1)$$

De (1) se obtuvo la siguiente información:



Figura 6. Porcentaje de mantenimiento preventivo

Fuente: La empresa

- b. Tiempo medio entre fallas (MTBF), el cual indica el tiempo que ocurre para que una falla se presente. Se expresa de la siguiente manera:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\# \text{ de fallas}} \dots (2)$$

De (2) a continuación se muestra el resultado antes de aplicar el plan de mantenimiento, teniendo como base un año de trabajo:

$$MTBF = \frac{1920}{15} = \frac{128 \text{ horas}}{\text{fallas}}$$

- c. Tiempo medio entre reparaciones (MTTR), sirve para conocer qué tanto tiempo se demora en realizar una reparación en el equipo. Se expresa de la siguiente:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \dots (3)$$

De (3) a continuación se muestra el resultado antes de aplicar el plan de mantenimiento, teniendo como base un año de trabajo:

$$MTTR = \frac{130}{15} = \frac{8.67 \text{ horas}}{\text{falla}}$$

- d. Disponibilidad, que detalla la probabilidad que el equipo se encuentre funcionando correctamente y se expresa como prosigue:

$$Disp. = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots (4)$$

De (4) a continuación se muestra el resultado antes de aplicar el plan de mantenimiento, teniendo como base un año de trabajo:

$$Disp. = \frac{128}{128 + 8.67} = 93.65\%$$

A continuación, se muestra el árbol del problema del sistema de ventilación del grupo electrógeno:

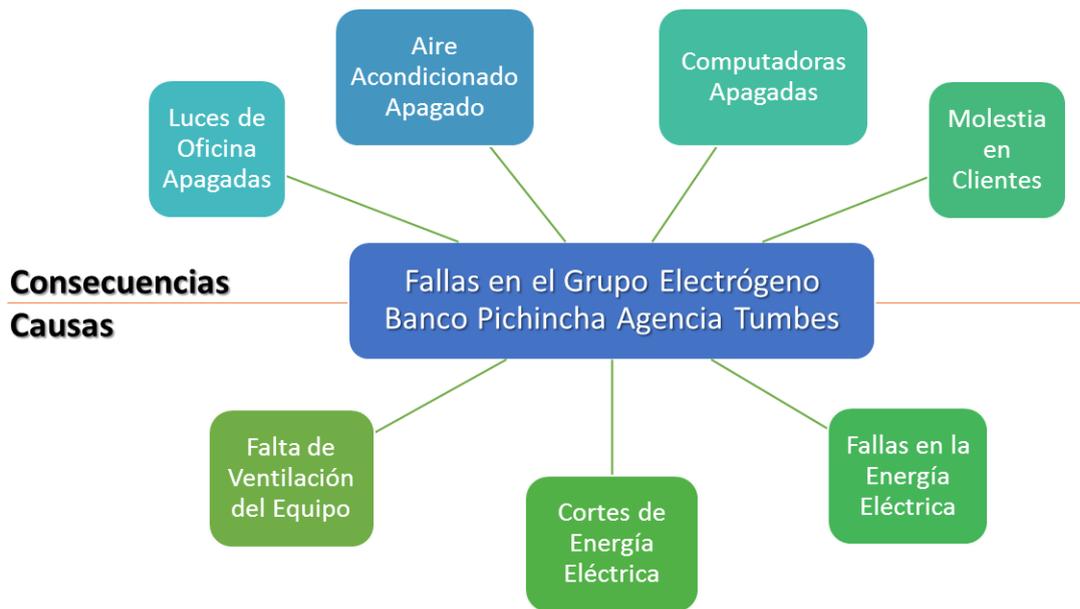


Figura 7. Árbol del problema. Banco Pichincha, Agencia Tumbes
Elaboración propia

2.3. Modelo de solución propuesto

2.3.1. Planear

En primer lugar, se realizó un inventario (1) del sistema de ventilación del grupo electrógeno, junto con las especificaciones técnicas del mismo. Por ello, a continuación, se detalla la ficha técnica del equipo:

Tabla 1. *Ficha técnica del sistema de ventilación*

| Ficha técnica del sistema de ventilación | | | |
|---|--------------|----------|----------------|
| Modelo | MUE-60CRDN-1 | Código: | SV-101 |
| Marca | Ventven | Fecha: | 20/01/2017 |
| | | Versión: | 00-00 |
| Especificaciones técnicas | | | |
| Enfriamiento | Capacidad | Btu/h | 60,000 |
| | Potencia | W | 5021 |
| Evaporadora | | | |
| Alimentación | | Hz-Ph | 220V-60 Hz-1ph |
| Potencia | | W | 225 |
| Volumen de aire (H/M/L) | | m3/h | 2938/2628/2192 |
| Nivel de ruido (H/M/L) | | Db (A) | 58.5/54/53.5 |
| Dimensiones netas | | mm | 1659x675x235 |

| | | | |
|------------------------|--|-----------|--------------------|
| Empaque (AxLxA) | | mm | 1725x755x31 3 |
| Peso neto | | Kg | 42/49 |
| Serpentín de tubería | | | Cobre |
| Condensador | | | |
| Alimentación | | Hz- Ph | 220V-60 Hz- 1ph |
| Max. Input consumption | | W | 6400 |
| Corriente máx. | | A | 29.5 |
| Compresor | Capacidad | Btu/ h | 60 |
| | Modelo | | ATQ430D1U MU |
| | Tipo | | ROTARY |
| | Entrada | W | 3420 |
| | RLA | A | 6.85 |
| | Aceite refrigerante | MI | VG74/1400 |
| Ventilador exterior | Modelo | | YKS-220-6-64 |
| | Entrada | W | 328.6 |
| | Capacitor | Uf | 12 |
| | Velocidad | r/mi n | 1090/705 |
| Coil exterior | Número de celdas | | 2 |
| | Paso de tubo (a) x Paso de celdas (b) | mm | 21x13.37 |
| | Espacio de aletas | mm | 1.3 |

| | | | |
|------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|
| | Tipo de aletas | | Unhydrophilic |
| | Tubo externo | mm | 7 inner groove tube |
| | Bobina AxLxA | mm | 2030x798x26. 74 |
| | Número de circuitos | | 5 |
| Nivel de ruido externo | | Db (A) | 64 |
| Unidad exterior | Dimensiones (AxLxA) | mm | 710x710x843 |
| | Empaque (AxLxA) | mm | 738x738x872 |
| | Peso neto | Kg | 80/85 |
| Refrigerante | Volumen de carga | Kg | 4 |
| Diseño de presión | | Mpa | 64 |
| Tubo Refrigerante | Líquido/Gas | mm | 9.52/19 (3/8" / 3/4") |
| | Distancia máx. | m | 50 |
| | Diferencia de nivel máx. | m | 30 |
| Serpentín de tubería | | | Cobre |

Fuente: La empresa

A continuación, se detalla la hoja de vida del sistema de ventilación, para contar con un mayor conocimiento de las fallas ocurridas:

Tabla 2. Hoja de vida del sistema de ventilación

| Fecha | Componente | Valor total |
|------------|--|-------------|
| 25/01/2019 | Limpieza del ventilador secuencial | S/. 29.90 |
| 1/02/2019 | Ajuste de poleas desalineadas | S/. 75.00 |
| 19/02/2019 | Engrase y limpieza de poleas | S/. 50.00 |
| 20/03/2019 | Ajuste de correas desalineadas | S/. 150.00 |
| 15/04/2019 | Correas hacen ruido | S/. 65.00 |
| 30/05/2019 | Cambio de dámper | S/. 460.00 |
| 7/06/2019 | Limpieza y engrase del control del actuador | S/. 50.00 |
| 27/06/2019 | Ajustes del control del actuador | S/. 70.00 |
| 13/07/2019 | Limpieza de las aspas del ventilador | S/. 50.00 |
| 10/08/2019 | Limpieza de filtro | S/. 50.00 |
| 20/09/2019 | Limpieza de humedad de las paredes | S/. 50.00 |
| 8/10/2019 | Limpieza de conexiones eléctricas | S/. 50.00 |
| 10/11/2019 | Reparación de conectores | S/. 539.00 |
| 1/12/2019 | Presencia de fuga de aire en los ductos de ventilación | S/. 445.00 |
| 15/12/2019 | Reparación del aislamiento | S/. 479.00 |

| | |
|--------------|---------------------|
| Total | S/. 2,612.90 |
|--------------|---------------------|

Fuente: La Empresa

Asimismo, se determinaron los objetivos del plan de mantenimiento, entre lo que se encuentra lo siguiente:

- Brindar un servicio de mantenimiento de forma segura y eficiente de tal forma que los satisfaga los requerimientos de los trabajadores de la empresa, tomando en cuenta la vida útil del sistema de ventilación del grupo electrógeno.
- Contar con un buen nivel de disponibilidad y confiabilidad del sistema de ventilación del grupo electrógeno mediante una reducción de las paradas no programadas.
- Capacitar a los trabajadores del área de mantenimiento del sistema de ventilación del grupo electrógeno
- Actualizar los procedimientos ya existentes del plan de mantenimiento

A continuación, se detalla el proceso de planeación de mantenimiento:

Tabla 3. *Proceso de Planeación del mantenimiento*

| | |
|--------------|---|
| Proceso | Planeación del mantenimiento |
| Responsables | Asistente de mantenimiento, Jefe de Mantenimiento, Asistente de contabilidad |
| Objetivo | Contar con un plan de mantenimiento para que el sistema de ventilación tenga una disponibilidad superior al 95% |

| | |
|----------------------|------------------------------------|
| Indicador de gestión | $Disp. = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$ |
| Meta | 95% |
| Tiempo | 1 año |

Elaboración propia

A continuación, se detalla la planificación del mantenimiento del sistema de ventilación del grupo electrógeno en un diagrama de flujo de funciones:

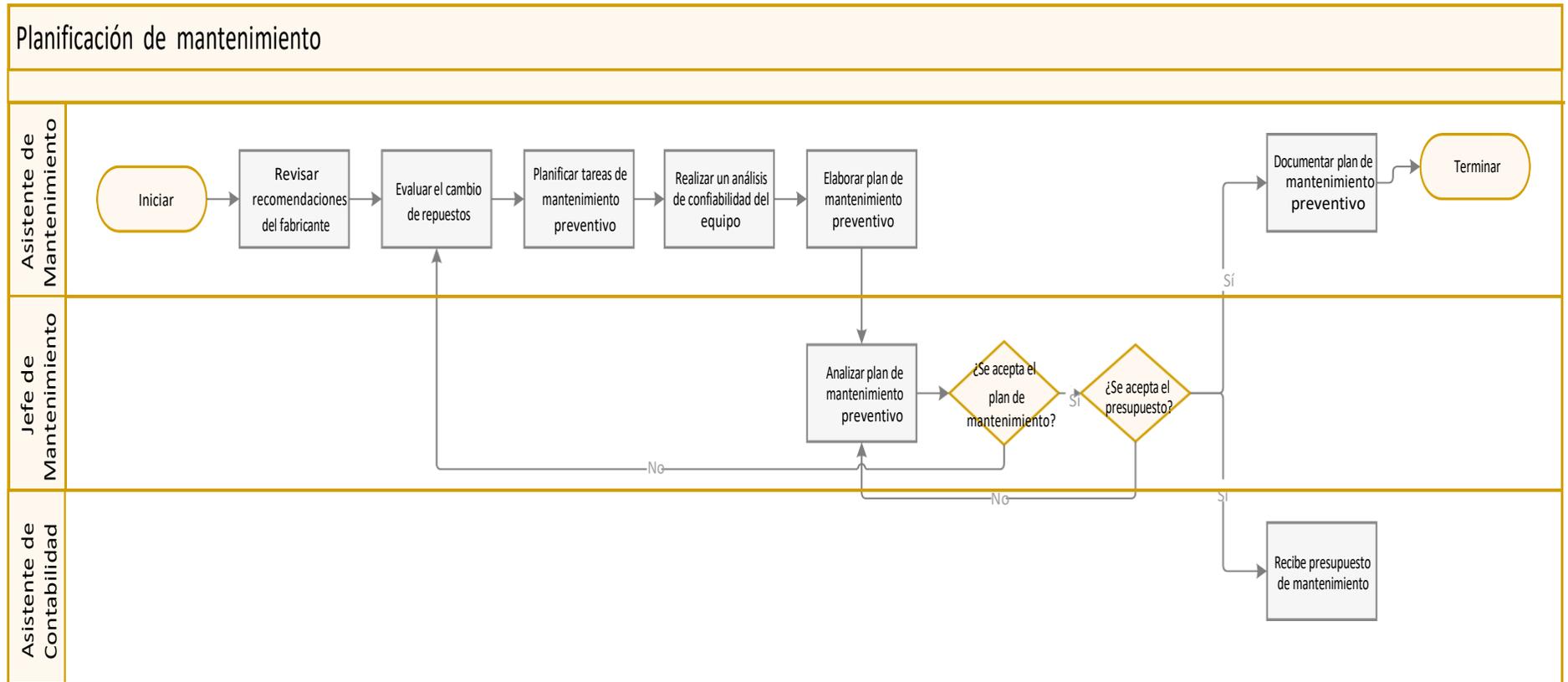


Figura 8. Flujo de funciones de la planificación de mantenimiento

Elaboración propia

2.3.2. Hacer

A continuación, el plan de mantenimiento de acuerdo a hoja de vida del equipo y el manual del mismo.

Tabla 4. *Plan de mantenimiento del sistema de ventilación*

| Frecuencia diaria | | |
|---|--|--|
| Descripción | Actividad | Observación |
| Utilización del ventilador secuencial | Apagar secuencias innecesarias del ventilador | Inspección visual |
| Inspección visual de forma global | Tener la seguridad que el sistema se encuentra operativo | Inspección visual |
| Frecuencia mensual | | |
| Inspección de las poleas de transmisión | Verificación de la alineación de poleas | Limpiar y engrasar donde se considere necesario |
| Inspección de parámetros del motor | Verificar parámetros del motor | Registrar voltaje, corriente, factor de potencia y potencia activa |
| Inspección de la correa | Verificación que las correas estén en tensión y no exista ruidos anormales | Verificar tensión y alineación de las correas |
| Inspección del dámper | Verificación la acción de abrir y cerrar el dámper | Verificar el correcto funcionamiento del dámper |

| | | |
|--|--|--|
| Verificación del control del actuador | Inspección visual | Verificar su operación, limpieza, engrase y ajustes pertinentes |
| Inspección de las aspas del ventilador | Inspeccionar el estado de las aspas, así como el espacio libre de la punta del ventilador y su caja respectiva | Comprobar rotación idónea y limpieza de ser el caso |
| Filtros | Inspeccionar nivel de suciedad del filtro | Comprobar que no exista roturas |
| Inspección del nivel de calidad del aire | Inspección visual | Inspeccionar consecuencias de la humedad en paredes, techos, etc |
| Frecuencia anual | | |
| Cableado de potencia y control | Verificar voltaje y corriente | Inspeccionar que las conexiones eléctricas estén en buen estado |
| Ductos de ventilación | Verificar que no existan fugas de aire | Revisión de conectores y reparar de ser el caso |
| Aislamiento | Inspección visual | Inspeccionar y reparar de ser el caso |

Elaboración propia

En la etapa Hacer se realiza la preparación y ejecución de las actividades del mantenimiento preventivo y correctivo, para lo cual se tuvo en consideración los procedimientos establecidos para la estandarización de las actividades.

En la siguiente tabla se detalla las características del mantenimiento preventivo:

Tabla 5. *Proceso Mantenimiento preventivo*

| | |
|----------------------|---|
| Proceso | Mantenimiento preventivo |
| Responsables | Jefe de Mantenimiento, Jefe de servicios, Técnico de mantenimiento y Asistente de Mantenimiento |
| Objetivo | Reducir paradas no programadas |
| Indicador de gestión | $\frac{\# \text{ Mto. preventivo}}{\# \text{ Mto. preventivo} + \# \text{ Mto. correctivo}}$ |
| Meta | 65% |
| Tiempo | 1 año |

A continuación, se detalla el flujo de funciones del mantenimiento preventivo:

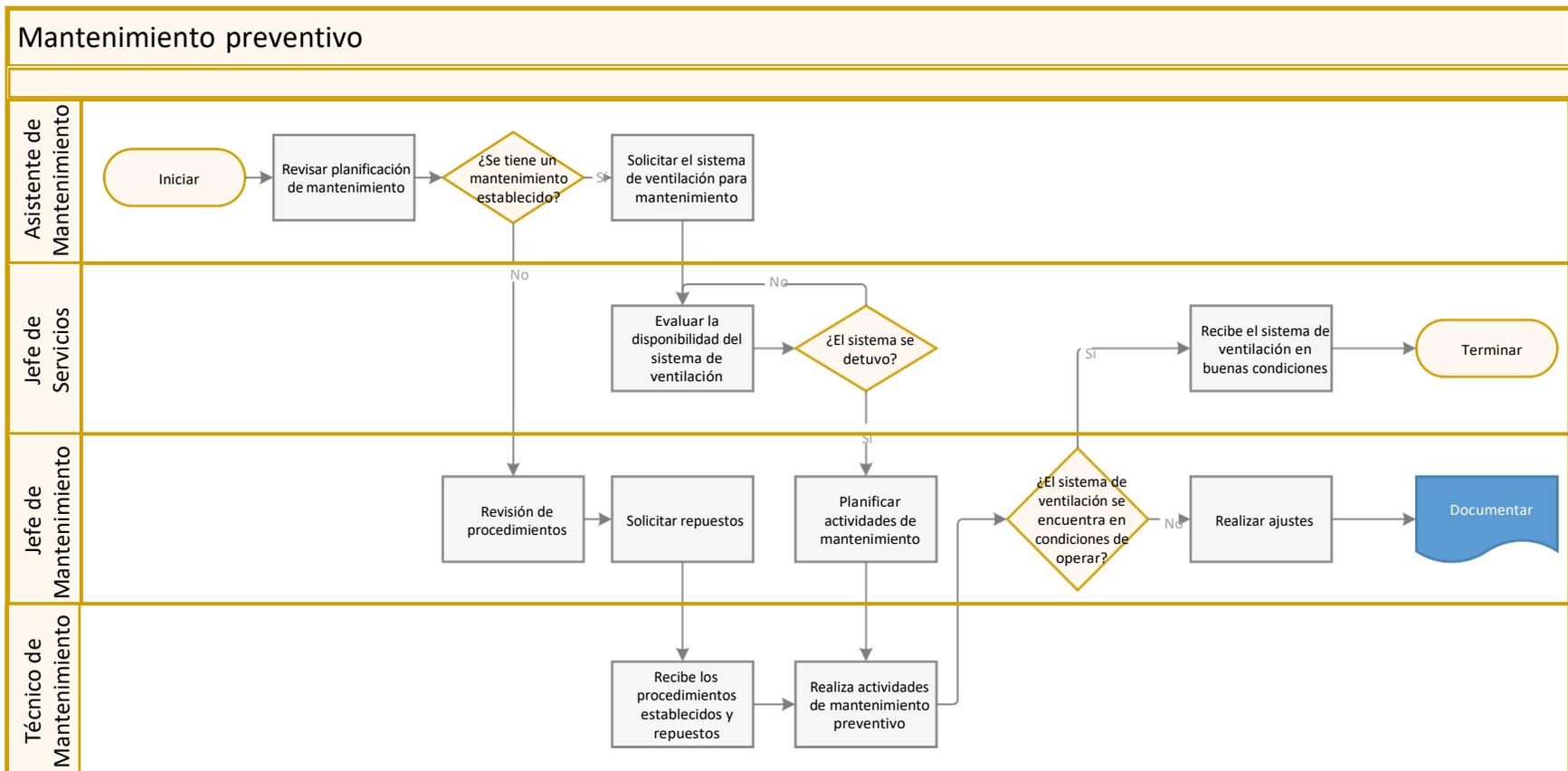


Figura 9. Proceso de Mantenimiento Preventivo

Elaboración propia

Con respecto al mantenimiento correctivo, como bien es sabido es producto de una mala planificación del mantenimiento. Por lo que la finalidad en este caso es reducir el tiempo de las paradas no programadas.

Tabla 6. *Proceso de mantenimiento correctivo*

| | |
|----------------------|---|
| Proceso | Mantenimiento correctivo |
| Responsables | Jefe de Mantenimiento, Jefe de servicios, Técnico de mantenimiento y Asistente de Mantenimiento, operador |
| Objetivo | Solucionar los daños del sistema |
| Indicador de gestión | $MTBF = \frac{\textit{Tiempo operativo}}{\# \textit{ de fallas}}$ |
| Meta | Superior a 40 horas |
| Tiempo | 1 año |

Elaboración propia

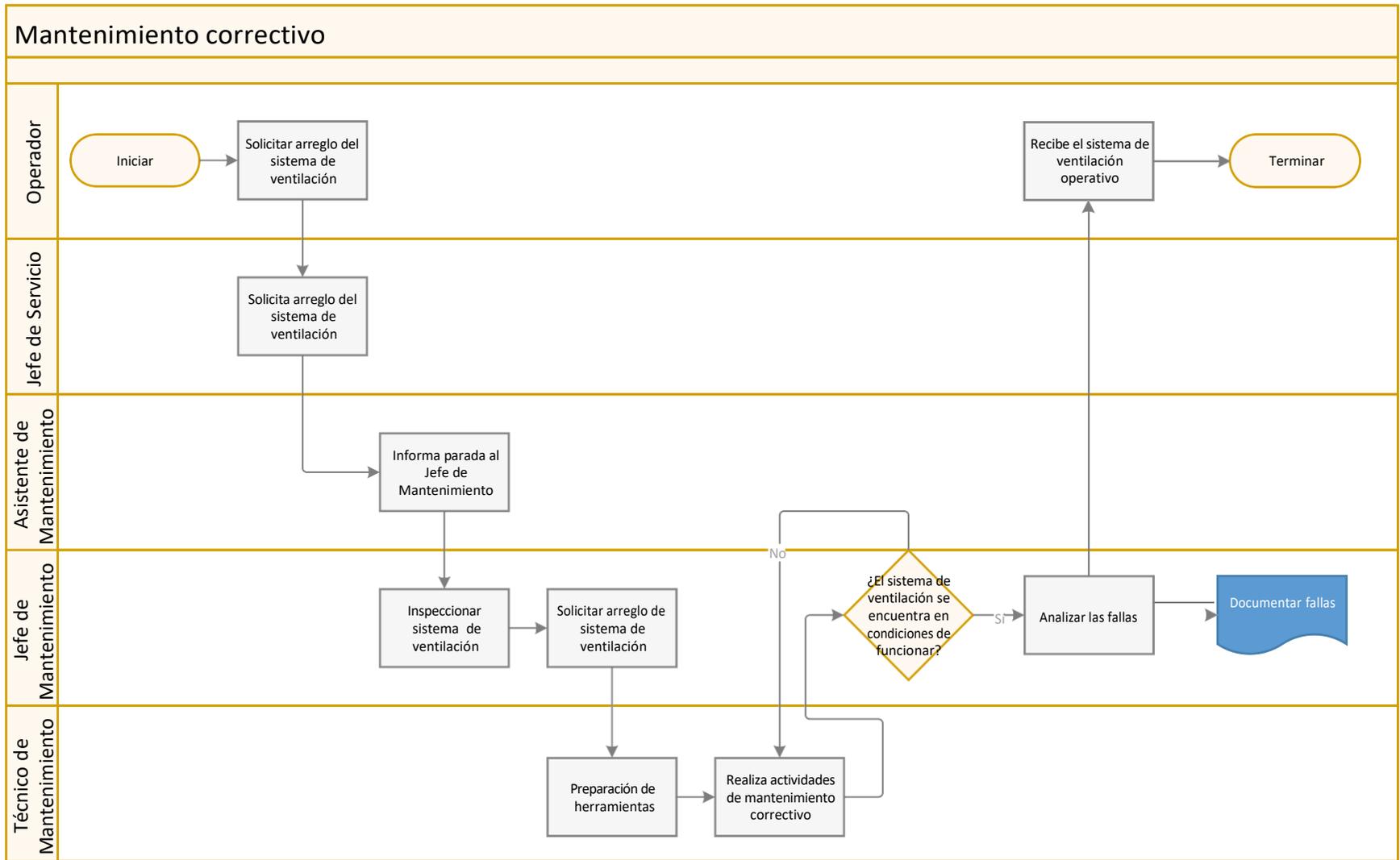


Figura 10. Proceso de Mantenimiento correctivo

2.4. Resultados

2.4.1. Verificar

Para la etapa de Verificar fue pertinente un adecuado control de las actividades de mantenimiento que se realizan, así como también un análisis de las averías, con lo que se busca reducir el número de paradas no programadas del sistema de ventilación.

Tabla 7. *Proceso Análisis de averías*

| | |
|----------------------|--|
| Proceso | Análisis de averías |
| Responsables | Jefe de Mantenimiento, Asistente de Mantenimiento |
| Objetivo | Mejorar los tiempos entre reparaciones |
| Indicador de gestión | $MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de reparación}}{\textit{Número de fallas}}$ |
| Meta | Menor a 6 horas |
| Tiempo | 1 año |

Elaboración propia

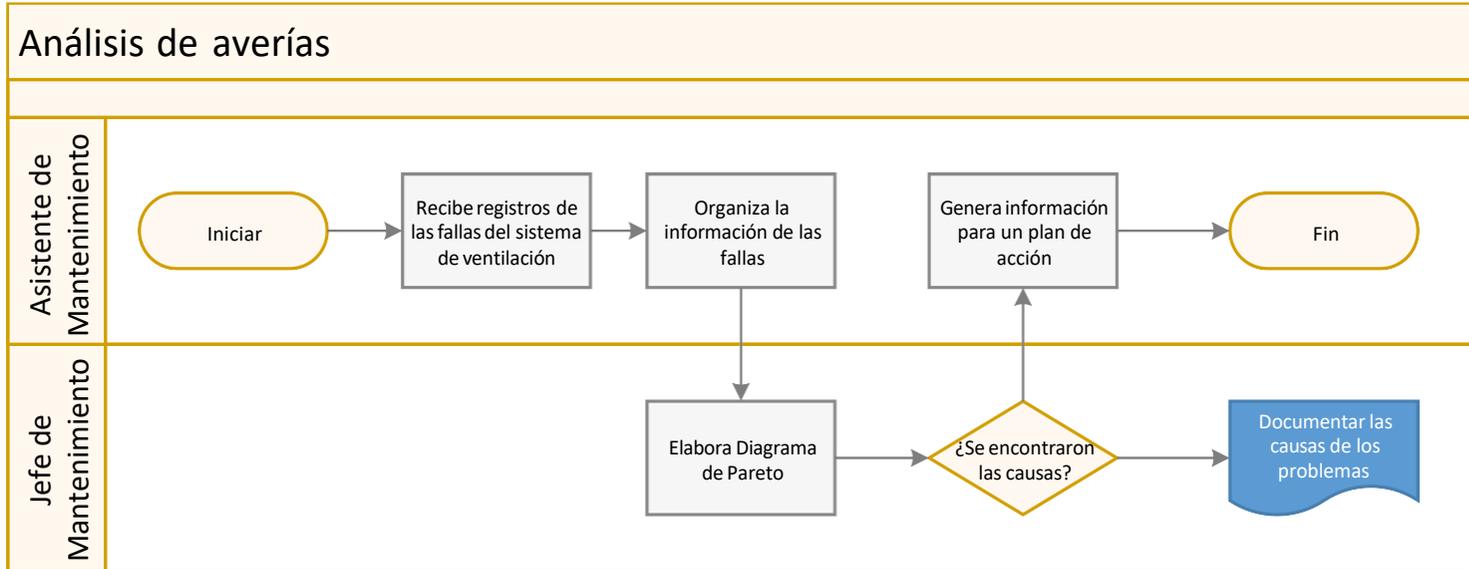


Figura 11. Proceso Análisis de averías

Elaboración propia

Además, para un mayor análisis de las averías del sistema de ventilación se realizó el Diagrama de Pareto, el mismo que se muestra a continuación:

Tabla 8. *Fallas más frecuentes*

| Fallas | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|--|------------|------------|----------------------|
| Choque de aspas con la caja del ventilador | 68 | 19.1% | 19.1% |
| Falla del ventilador | 55 | 15.4% | 34.6% |
| Fuga de aire en el ducto | 49 | 13.8% | 48.3% |
| Falla del dámper en la prueba de cerrado | 45 | 12.6% | 61.0% |
| Rotura de filtro | 42 | 11.8% | 72.8% |
| Falla en la correa | 40 | 11.2% | 84.0% |
| Poleas desajustadas | 29 | 8.1% | 92.1% |
| Falla en el aislamiento | 28 | 7.9% | 100.0% |
| Total | 356 | 100% | |

Elaboración propia

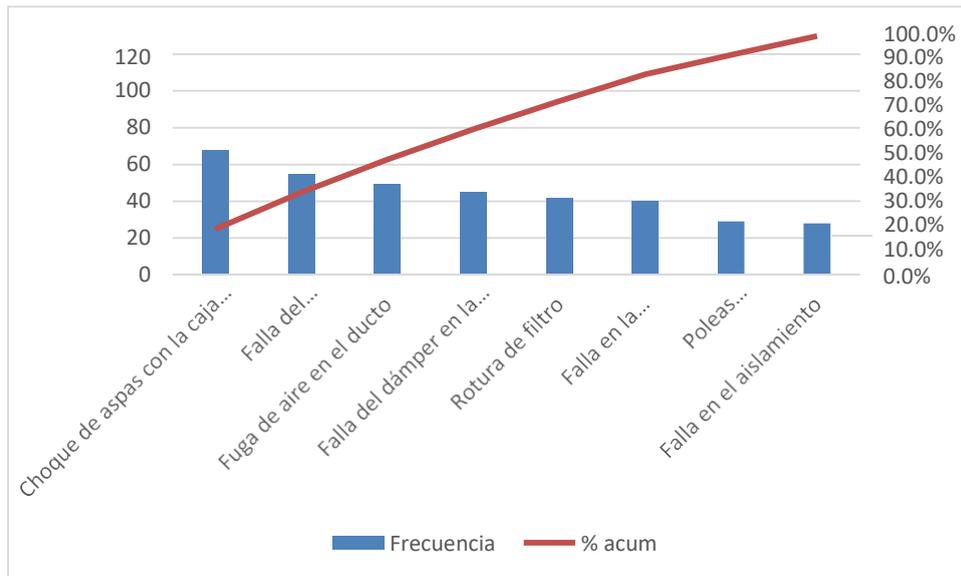


Figura 12. Diagrama de Pareto

Elaboraci3n propia

De la figura 12, se aprecia que el choque de aspas con la caja del ventilador es la falla más frecuente en el sistema de ventilador del grupo electr3geno.

2.4.2. Actuar

En la etapa Actuar del Ciclo de Deming se verific3 la efectividad del plan de mantenimiento para poder mejorar los indicadores de mantenimiento del sistema de ventilaci3n, para lo cual se utiliz3 un registro de las fallas, para así encontrar las causas raíces y de esta forma que sirva como una retroalimentaci3n para el proceso de Planificaci3n del Mantenimiento.

A continuaci3n, se detalla indicadores de mantenimiento antes de realizar el plan de mantenimiento basado en el Ciclo de Deming:

- a. Porcentaje de mantenimiento preventivo

De (1) se obtuvo la siguiente informaci3n:



Figura 13. Porcentaje de mantenimiento preventivo

Fuente: La empresa

De la figura 12 se puede apreciar que el porcentaje de mantenimiento preventivo aumentó de 25% a 72%.

b. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

De (2) a continuación se muestra el resultado del MTBF después de aplicar el plan de mantenimiento, teniendo como base un año de trabajo:

$$MTBF = \frac{1920}{4} = \frac{480 \text{ horas}}{\text{falla}}$$

El MTBF aumento de 128 horas para que ocurra cada falla a 480 horas/falla.

c. Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)

De (3) a continuación se muestra el resultado después de aplicar el plan de mantenimiento, teniendo como base un año de trabajo:

$$MTTR = \frac{22}{4} = \frac{5.5 \text{ horas}}{\text{falla}}$$

El MTTR disminuyó de 8.67 horas para la reparación de una falla a 5.5 horas/falla

d. Disponibilidad

De (4) a continuación se muestra el resultado antes de aplicar el plan de mantenimiento, teniendo como base un año de trabajo:

$$Disp. = \frac{480}{480 + 5.5} = 98.86\%$$

La disponibilidad aumentó de 93.65% a 98.86%

CONCLUSIONES

- Se diseñó un plan de mantenimiento basado en el Ciclo de Deming con la finalidad de poder mejorar los indicadores de mantenimiento del sistema de ventilación del grupo electrógeno en el Banco Pichincha sede Tumbes.
- Se identificaron las fallas más frecuentes, obteniendo como resultado que el choque de aspas con la caja del ventilador es la falla más frecuente en el sistema de ventilador del grupo electrógeno.
- Con la aplicación del plan de mantenimiento, el porcentaje de mantenimiento preventivo del sistema de ventilación del grupo electrógeno aumentó de 25% a 72%.
- Con la aplicación del plan de mantenimiento, el tiempo medio entre fallas del sistema de ventilación del grupo electrógeno aumentó de 128 horas/falla a 480 horas/falla
- Con la aplicación del plan de mantenimiento, el tiempo medio entre reparaciones del sistema de ventilación del grupo electrógeno disminuyó de 8.67 horas/falla a 5.5 horas/falla
- Con la aplicación del plan de mantenimiento, la disponibilidad del sistema de ventilación del grupo electrógeno aumentó de 93.65% a 98.86%

RECOMENDACIONES

- En el presente trabajo se consideró el plan de mantenimiento basado en el Ciclo de Deming en el sistema de ventilación del grupo electrógeno en la agencia bancaria Tumbes del Banco Pichincha; no obstante, resulta importante realizar capacitaciones constantes a los trabajadores sobre el nuevo plan.
- La empresa objeto de estudio debe realizar un seguimiento de los indicadores de mantenimiento, tomando en consideración aplicación de nuevas estrategias.
- La metodología y resultados de la investigación pueden servir como referencia para futuras investigaciones donde se desee implementar un plan de mantenimiento basado en el Ciclo de Deming.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, D., & Soto, L. (2017). *Propuesta de plan de mejora para el proceso de Soporte al Cliente del área Comercial de Kantar IBOPE Media Colombia S.A.S., con base en los lineamientos del numeral 9.1 de la NTC-ISO 9001-2015*. (Tesis de Especialización). Colombia: Universidad Libre.
- Anaguano, R. (2018). *Modelo de un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de Preparación Hilatura*. (Tesis de Maestría). Quito, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar.
- Banco Pichincha. (2020). *Ubicación de la Agencia Bancaria Tumbé del Banco Pichincha*. Obtenido de <https://www.pichincha.pe/servicio-al-cliente/nuestras-agencias>
- Barrasa, J., & García, J. (2012). *Sistemas de Calidad y Mejora Continua*. Zaragoza, España: Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud.
- Casas, L. (2019). *Elaboración del plan de mantenimiento eléctrico preventivo aplicado a los grupos electrógenos de la empresa Adeprosac San Isidro 2019*. (Trabajo de Suficiencia Profesional). Villa El Salvador, Perú: Universidad Nacional Tecnológica Del Sur.
- Castellanos, I. (2018). *El ciclo deming para mejorar la productividad en los procesos de una empresa textil*. (Tesis de Pregrado). Huancayo, Perú: Universidad Peruana Los Andes.
- Cenzano, A. (2019). *Mejora y actualización del plan de mantenimiento preventivo de equipamiento biomédico de emergencia, UCI, UCIN y sala de operaciones del Hospital Guillermo Kaelin de la Fuente*. (Trabajo de Suficiencia Profesional). Villa El Salvador, Perú: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Espinoza, T. (2019). *Propuesta de implementación del Ciclo Deming para mejorar la gestión de compras en el área de mantenimiento y servicios generales de una universidad en el Distrito de Los Olivos-2018*. (Tesis de Pregrado). Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- García, A., Gutiérrez, B., & Quintero, I. (2018). *Metodología para la constante mejora continua en el proceso de producción y exportación del café orgánico en la "Promotora de Desarrollo Cooperativo de Las Segovias" PRODECOOP*

- R.L en el segundo semestre del año 2017. (Trabajo de Pregrado). Estelí, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.*
- García, S. (2013). *Ingeniería de mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial.* Madrid, España: RENOVETEC.
- Mamani, L. (2019). *Mejora y actualización del plan de mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos del área central de esterilización del Complejo Hospitalario Guillermo Kaelin De La Fuente.* (Tesis de Pregrado). Villa El Salvador, Perú: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Miranda, K. (2015). *Diseño de mejoramiento en los procedimientos de la línea de tubos de horno aplicando el círculo de Deming en la empresa Mabe S.A.* (Tesis de Pregrado). Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2016). *Sistema de gestión de la calidad en el laboratorio (LQMS): Manual.* Ginebra, Suiza: Biblioteca de la OMS.
- Orozco, M. (2019). *Aplicación de la metodología del mantenimiento autónomo para mejorar el plan de mantenimiento correctivo y preventivo de los sistemas eléctricos de distribución de la Unidad de Negocios Bellavista – Electro Oriente S.A. – San Martín.* (Trabajo de Suficiencia Profesional). Villa El Salvador, Perú: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Ramos, J. (2017). *Implementación de metodología 5s sostenible en taller de mantenimiento de central termoeléctrica región de Valparaíso.* (Tesis de Pregrado). Valparaíso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Salvador Escoda S.A. (s.f.). *Manual práctico de ventilación. Catálogo técnico.* Barcelona, España: Soler & Palau.
- Soler & Palau. Sistemas de Ventilación. (2012). *Manual Práctico de Ventilación.* Madrid, España: Soler & Palau.