

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO SEDE SUR

DESIGN OF A MAINTENANCE PROGRAM FOR THE DRINKING WATER TREATMENT PLANT OF INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO SEDE SUR

AUTORES

Paula Andrea Gómez Mina: Candidata a grado de Ingeniería industrial en la Institución Universitaria Antonio José Camacho, Tecnóloga en Gestión Empresarial de la UNIAJC en el año 2018. integrante del semillero SEGESTOP, Correo electrónico: paulaandreadgomez@estudiante.uniajc.edu.co

Carlos Andrés Nieto: Ingeniero Mecánico de la Universidad Autónoma de Occidente, con estudios en automatización, gerencia financiera, MBA en administración con énfasis en gerencia estratégica de la Universidad ICESI. Green belt lean six sigma, candidato a especialista en eficiencia energética, Profesor tiempo completo de la Facultad de Ingeniería en la Institución Universitaria Antonio José Camacho, integrante del Semillero SEGESTOP y grupo de investigación Inteligo. Correo electrónico: canieto@admon.uniajc.edu.co

49

Paula Andrea Gómez Mina y Carlos Andrés Nieto Serna

Semillero SEGESTOP

Grupo INTELIGO

Institución Universitaria Antonio José Camacho

Recibido: 13/03/2021 Aprobado: 24/05/2021

Para citar este artículo: Afanador-Restrepo, D.F., Restrepo Restrepo, C.A., Zapata Mulato, J.P. y Sarria Álvarez, J.E. (2022). Condición física en bomberos del municipio de padilla cauca: un estudio descriptivo. Revista Sapientía, 14(27), 49 - 59

RESUMEN

El objetivo de este artículo es dar a conocer el diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en inspección, medición y control de los niveles de calidad de los equipos y detección de fallas antes de centrarse en una interrupción u otra intervención en su proceso productivo. Una vez identificado el problema que presenta la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de la Institución Universitaria Antonio José Camacho (UNIAJC), se identifica que la institución realiza actividades de mantenimiento; sin embargo, no cuenta con un programa estructurado para garantizar la confiabilidad de los equipos. Los hallazgos del estudio se obtuvieron a partir de una metodología con enfoque mixto, donde los métodos cuantitativo y cualitativo permitieron identificar la necesidad de caracterizar y estandarizar el proceso de mantenimiento con el fin de prevenir las desviaciones del mismo y obtener mayor control a través de rutas de inspección, indicadores y cronograma de mantenimiento de la PTAP, por lo que se propone un programa de mantenimiento preventivo estructurado con el fin de garantizar que las máquinas e infraestructura estén disponibles para trabajar en óptimas condiciones.

PALABRAS CLAVE

Mantenimiento preventivo, averías, PTAP, programa de mantenimiento.

ABSTRACT

The objective of this article is to present the design of a preventive maintenance program based on inspection, measurement and control of the quality levels of the equipment and fault detection before focusing on an interruption or other intervention in its production process. Once the problem presented by the drinking water treatment plant (PTAP) of the Antonio José Camacho University Institution (UNIAJC) has been identified, it is identified that the institution performs maintenance activities; however, it does not have a structured program to guarantee the reliability of the equipment. The findings of the study were obtained from a methodology with a mixed approach, where the quantitative and qualitative methods allowed identifying the need to characterize and standardize the maintenance process in order to prevent deviations from it and obtain greater control through routes. of inspection, indicators and maintenance schedule of the PTAP, for which a structured preventive maintenance program is proposed in order to guarantee that the machines and infrastructure are available to work in optimal conditions.

KEY WORDS

Preventive maintenance, breakdowns, PTAP, maintenance program.

INTRODUCCIÓN

La Institución Universitaria Antonio José Camacho (UNIAJC) sede sur, ubicada en el Km 8 vía Cali-Jamundí, adquirió hace 11 años una planta de tratamiento de agua potable. La necesidad surgió debido a que las empresas de servicios municipales no tienen cobertura para esta localidad. Para analizar la problemática de esta investigación es necesario mencionar que la institución actualmente realiza algunas actividades de mantenimiento; sin embargo, no cuenta con una estructura definida del mismo para la PTAP. En este sentido, Gross (2002) en su libro titulado *Fundamentals of preventive maintenance* propone un programa de gestión de órdenes de trabajo y mantenimiento económico fácil de seguir, basado en un proceso de 7 pasos para diseñar e implementar el programa, mediante el cual se presenta lo que se debe hacer, pasos que se relacionan a continuación:

- Paso 1: Establecer programación.
- Paso 2: Dividir las instalaciones en partes lógicas.
- Paso 3: Desarrolle una lista de equipos y asignar codificación.
- Paso 4: Desarrollar y emitir instrucciones del mantenimiento preventivo.
- Paso 5: Localizar y/o desarrollar manuales de equipos.
- Paso 6: Desarrollar un inventario.
- Paso 7: Monitorear la eficacia del programa y realizar mejoras.

Dichos pasos están diseñados para transformar un programa que a menudo es difícil de manejar, por uno que se pueda administrar de manera efectiva, el cual proporciona técnicas prácticas para:

- Establecer protocolos de programación críticos.
- Administrar el cronograma diario de órdenes de trabajo.
- Desarrollar y emitir órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo.
- Supervisar el programa y realizar mejoras.

Este libro se relaciona con la investigación planteada, ya que muestra cómo debe diseñarse un programa de mantenimiento, el cual deberá garantizar que los equipos estén en un estado óptimo, haciendo uso de metodologías de prevención, cero defectos y participación total de las personas, que permitan maximizar la efectividad y vida útil de los equipos, proceso que para la UNIAJC aún no se encuentra estandarizado; por lo que dicha aplicación puede servir para la mejora del procedimiento realizado en la PTAP.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este artículo es dar a conocer el diseño de un programa de mantenimiento en la planta de tratamiento de agua potable de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Según Botero (2012), un programa es una metodología que indica quién, cuándo, con qué y en cuánto tiempo debe de realizarse una actividad específica; su característica principal es minimizar los costos de parada de las máquinas y/o equipos que se generan por daños y reparaciones.

Al diseñar e implementar un programa de mantenimiento, el departamento encargado de la PTAP estaría respondiendo a la necesidad de la institución de tener un programa que anticipe la fuente de los costos presupuestados, además establezca fechas y frecuencias en las que se intervendrán las máquinas. Dicho lo anterior, el área encargada puede determinar el tiempo de intervención para contratar al técnico necesario para la actividad de mantenimiento, aumentando el tiempo promedio entre fallas, buscando dar cumplimiento a los indicadores establecidos por la institución y reduciendo los sobrecostos debido a las interrupciones del proceso, permitiendo así el aumento de confiabilidad de la máquina y la calidad del producto procesado (Seiichi, 1991).

MARCO TEÓRICO

Las fallas o interrupciones cuando se utilizan equipos industriales no son inevitables; sin embargo, es una consecuencia potencial. Si el resultado es severo, debe evitar las consecuencias que estas conllevan; en caso de lo contrario, si el resultado del incidente no es peligroso (es decir, la situación peligrosa pone en riesgo la producción, la seguridad de las partes interesadas, la protección del medio ambiente y los riesgos asociados), entonces la ocurrencia es de manera relativa y absoluta. En este punto, la presencia de mantenimiento es importante para asignar los recursos correctos de acuerdo con el evento. Por lo tanto, en un enfoque sistemático y general, el mantenimiento no debe resolver problemas graves, sino evitar que ocurran y resolverlos cuando surjan problemas no relacionados (Klimasauskas, 2008). Actualmente existen varios sistemas para realizar los servicios de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no presentan un enfoque en corregir fallos, sino que también se tratan de evitarlos antes de que se presenten estas averías, haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos las modalidades y mantenibilidad del diseño. Dicho lo anterior, se presentan a continuación los diferentes tipos de mantenimiento.

Mantenimiento	Definición
Correctivo	Conjunto de actividades encaminadas a reparar los artículos dañados y cambiarlos por repuestos que se ejecutan en caso de avería.
Preventivo	Conjunto de actividades preprogramadas, que incluyen inspección, prueba y reparación de rutina, destinadas a reducir la frecuencia y el impacto de las fallas del sistema.
Predictivo	La intervención inmediata es posible mediante la detección de la falla en una amplia gama de actividades para el monitoreo y diagnóstico continuo del sistema.
Productivo total	El sistema se basa en el concepto japonés de "Mantenimiento de primer nivel", en el que el usuario realiza pequeñas tareas de mantenimiento como: ajuste, inspección, reemplazo de pequeñas cosas, etc.,

Tabla 1. Tipos de mantenimiento

Fuente: Muñoz (2005).

Ahora bien, un programa de mantenimiento, según SENA (2012, p. 113), define los métodos y procedimientos aplicados a la organización de la actividad de mantenimiento en sí. El programa debe incluir parte de la documentación inicial en el manual de uso y mantenimiento.

Por otro lado, Pozuelo Díaz (2013) establece una serie de pasos para la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, los cuales se relacionan a continuación:

- Recopilar toda la documentación técnica de la instalación y compararla con la situación real.
- Establecer requisitos para el mantenimiento preventivo.
- Realizar inventario de máquinas y/o equipos de la planta.
- Elaborar fichas técnicas específicas de las máquinas, relacionando en ellos el respectivo historial e instalación.
- Elaborar rutas de inspección, lubricación.
- Determinar cambio de piezas según frecuencia o uso.
- Generar informe indicando el estado de funcionamiento y disponibilidad de las máquinas y/o equipos instalados.
- Determinar medición del mantenimiento.
- Establecer seguimiento de control y programar tareas a realizar.



Figura 1. Pasos para ejecutar el programa de mantenimiento preventivo

Fuente: (Pozuelo Díaz, 2013).

METODOLOGÍA

La investigación se realizó empleando un diseño metodológico basado en un método mixto, que combina el método cualitativo y cuantitativo, donde se integraron las respuestas de dos instrumentos aplicados en la PTAP como la entrevista y la observación. En este orden, se observaron algunas características y elementos básicos que inciden en la falta de estructuración del programa de mantenimiento.

La entrevista realizada al jefe y operario de mantenimiento llevó al investigador a cuestionarse sobre algunos elementos que inciden notoriamente en el proceso de la planta, los cuales se tuvieron

presentes al momento de organizar la creación de la propuesta del programa de mantenimiento. La entrevista se utilizó como un indicador para conocer el alcance del mantenimiento realizado frente al mantenimiento requerido.

Finalmente, se establecieron las fases que garantizan la realización del desarrollo de la investigación para dar cumplimiento a los objetivos (ver Figura 2).

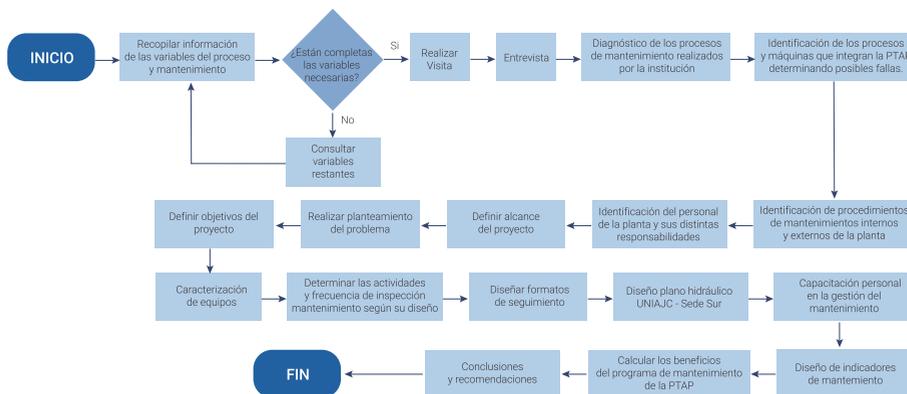


Figura 2. Diagrama de flujo metodología PTAP
Fuente: elaboración propia

Hallazgos

La entrevista aplicada a los encargados de la planta evidenció que la institución, aunque realice algunas actividades de mantenimiento, no cuenta con una estructura establecida para el programa de mantenimiento requerido para la PTAP. Otro aspecto en el que presentan dificultades es en la falta de capacitación del operario para la ejecución de actividades realizadas en la planta, entre otros aspectos. El análisis de las respuestas dadas por el jefe y operario de mantenimiento avalan la fundamentación de la estructuración del programa de mantenimiento preventivo que propone la investigación.

cronograma, indicadores, procedimiento interno, plano hidráulico, formatos y capacitaciones requeridas y, por último, proyección del costo de implementación, relacionados de la siguiente manera:

Es necesario realizar un inventario de las máquinas y/o equipos; también conocer su funcionamiento, identificar su criticidad y, a su vez, investigar sobre las fallas imprevisas que se presentan. Según García Garrido (2010, p. 13), para determinar qué equipos se deben de incluir en el programa de mantenimiento, es necesario saber con qué máquinas se cuenta; por lo tanto, el primer paso es realizar una lista de equipos.

RESULTADOS

Tras los hallazgos obtenidos mediante la metodología de mixta, representada en la falta de estructura del programa de mantenimiento da como resultado realizar una caracterización del proceso de mantenimiento de la UNIAJC sede sur, en la cual se preserva un proceso de estandarización del proceso para que se tengan las menores desviaciones en el mismo.

La estructura del programa de mantenimiento abarca los temas de fichas técnicas, hojas de vida, principales problemas presentados en máquinas,

INVENTARIO FÍSICO DE MÁQUINAS PTAP	
CÓD	DESCRIPCIÓN MÁQUINA
CP-BS-01	Bomba sumergible tipo lapicero del aljibe # 1
CP-BS-02	Bomba sumergible tipo lapicero del aljibe # 2
SF-FT-01	Filtro # 1
SF-FT-02	Filtro # 2
SF-FT-03	Filtro # 3
SD-TM-01	Tanque multiuso # 1
SD-BD-01	Bomba dosificadora # 1
AL-TA-01	Tanque de almacenamiento # 1
AL-TA-02	Tanque de almacenamiento # 2

INVENTARIO FÍSICO DE MÁQUINAS PTAP	
CÓD	DESCRIPCIÓN MÁQUINA
SB-TH-01	Tanque hidroneumático # 1
SB-TH-02	Tanque hidroneumático # 2
SB-BC-03	Bomba centrífuga # 1
SB-BC-04	Bomba centrífuga # 2
SB-BC-05	Bomba centrífuga # 3
SM-TC-01	Tablero de control # 1
SM-TC-02	Tablero de control # 2

Tabla 2. Inventario físico máquinas y/o equipos PTAP
Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, Álvarez & Gayou (2009) definen la ficha técnica como principal estrategia para obtener y consolidar información requerida de lo que se investiga, con el fin de proporcionar datos claves como funcionamiento u otras características con relación a una máquina. Dicho lo anterior, se realiza levantamiento de ficha técnica para las máquinas y/o equipos descritos en la Tabla 1 y se presenta en adelante estructura del mismo.

54



Visualice las tablas a texto completo escaneando el código QR.

La hoja de vida, según Martos Navarro, Navarro Espigares, Bullejos de la Higuera, Gassó Bris & Barros Puga (2006, pp. 486-487), es un instrumento que permite tener acceso a información relevante de la máquina; dicha información permite tener un mayor control de los procesos en el marco de la gestión del mantenimiento. Dicho lo anterior, se realiza levantamiento de hoja de vida para las máquinas y/o equipos descritos en la Tabla #2 y se presenta en adelante estructura del mismo.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA			Código	UNIAJC - FT-PTAP - 01			
			Rige a partir de	14/05/2021			
			Revisión	01			
Máquina	Bomba sumergible tipo lapicero #1	Ubicación	PTAP				
Marca	Barnes	Cantidad	1				
Modelo	4SP 2526	Código de inventario	CP-BS-01				
Serie	E0305						
Descripción							
Tiene como función principal bombear y suministrar agua de pozos profundos para el abastecimiento de instalaciones localitivas.							
Características generales							
Peso	6,7 kg	Altura	N/A	Ancho	9 cm	Largo	71,1 cm
Características técnicas:		Foto de la máquina - equipo					
Potencia: 5 hp. Velocidad: 3.500 RPM (Nominal). Caudal: 32 gal por min. Descarga: 1 - 1/2" NPT. Voltaje: 220. Frecuencia: 60 Hz. Altura máxima: 230 metros columna de agua.							
Partes: Tazón de descarga. Cámara intermedia. Impulsor. Correa. Guarda cable. Eje. Cámara de succión.							
Instrucciones de uso:							
- La temperatura del líquido transportado no deberá superar los 35 °C. - La bomba no deberá encenderse sino hay agua. - Para sumergir, elevar o asegurar la bomba deberá amarrar una cuerda al mango de la misma.							
Advertencias:							
- La bomba no deberá ser utilizada para el transporte de sustancias corrosivas, inflamables o explosivas. - En caso de que la bomba llegara a presentar fuga de lubricante se recomienda tomar precauciones en su uso para no contaminar el agua.							

Figura 3. Ficha técnica bomba sumergible tipo lapicero # 1

Fuente: elaboración propia.

HOJA DE VIDA MAQUINARIA		Código	UNIAJC - HV-PTAP - 01
		Rige a partir de	14/05/2021
		Revisión	01
Máquina	Bomba sumergible tipo lapicero #1		
Marca	Barnes		
Modelo	4SP 2526		
Serie	E0305		
Ubicación	PTAP		
Cantidad	1		
Código de inventario	CP-BS-01		
Especificaciones de operación		Requisitos e indicaciones dadas por el fabricante	
* Es necesario instalación de válvula check en el descargador de la bomba. * Es necesario utilizar cable de acero o nylon para suspensión. * La bomba no debe de estar soportada en el fondo del pozo, debe de estar una separación del al menos 30 cm. * Esta bomba nunca debe trabajar en seco, se provocará daño grave a los cojinetes y sellos. * Se debe aplicar sellador a todas las uniones de tubería. * Siempre haga las conexiones eléctricas sin conectar en línea. * Revisar siempre la libre rotación de la bomba, manipular con cuidado el eje evitando dañarlo, no utilice herramientas, emplee solo la mano.		* Lubricación por agua: En el cual el eje de columna gira dentro del líquido a bombear; lubricación de esta manera ocasiona menor líquido. * Lubricación por aceite: En el cual el eje de columna gira dentro de un tubo independiente (borno) y sus cojinetes son lubricados por medio de una fuente separada del lubricante. * Verificar si hay fugas en las conexiones del transmisor y de los medidores de caudales; limpiar el transmisor o limpiar el equipo de mantenimiento. * Periódicamente (cada año) se deberá limpiar completamente todas las piezas de la bomba y revisar los desgastes. * Para mayor rendimiento, todas las piezas desgastadas deben reemplazarse. * Se deben cambiar todas las empaquetaduras. * Se recomienda tener siempre un juego completo de repuestos para cada tamaño de bomba, de esta manera se evitará paros prolongados. * Para las velocidades más altas, el mayor desgaste ocurre en tazones, recomendamos mucho que se tenga en existencia un juego completo de tazones.	
Historial reporte de averías y/o mantenimiento			
DD/MM/AAAA	Reporte/mantenimiento	Falla	Observaciones
17/08/2016	Reporte	Bomba se encuentra con fallas.	De acuerdo a lo revisado por el técnico, se encuentra que el problema es que el aljibe no está suministrando el caudal requerido para llenar el tanque; por lo cual, se pone en uso bomba de aljibe de emergencia.
26/08/2016	Reporte	-	La Ing. Diana Rivas Z. experto país, profundización de pozo y no se llega a ningún acuerdo.
24/04/2018	Reporte	Bomba enciende pero no extrae agua en auto.	Se asigna bomba de aljibe de emergencia y se informa al técnico Juan Guillermos.
26/04/2018	Reporte	-	Revisión del técnico Azpil e informan que van a extraer la bomba para verificar la fuente de su problema.
Datos adicionales			
* Bomba aljibe principal. * La bomba debe de estar desconectada del toma corriente durante todo el proceso de instalación y labores de mantenimiento. * Para mayor eficiencia de la bomba, utilizar tubería en la descarga por lo menos al mismo diámetro de la conexión de la bomba. * Nunca debe bombearse agua a temperaturas superiores a 60°C, salvo indicación expresa del fabricante.			

Figura 4. Hoja de vida bomba sumergible tipo lapicero # 2

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta que la institución no cuenta con un procedimiento interno, se crea dicho proceso con el fin de determinar a través de un flujograma cuál es el paso a paso que se debe de realizar para la ejecución de un mantenimiento preventivo o correctivo presentado en las instalaciones.

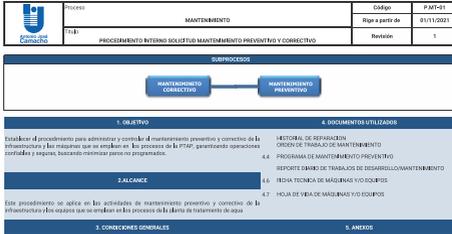


Figura 6. Procedimiento interno solicitud mantenimiento preventivo y correctivo
Fuente: elaboración propia.

56

La Institución Universitaria Antonio José Camacho presenta ausencia de planos hidráulicos, motivo por el cual se realiza la construcción del mismo, con el fin de conocer la ruta que se tiene del agua potable desde la extracción hasta su suministro.

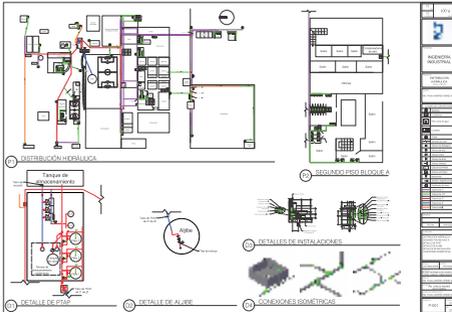


Figura 7. Plano distribución hidráulica PTAP UNIAJC
Fuente: elaboración propia.

Se proponen formatos (orden de trabajo, solicitud de repuestos y materiales, registro semanal de actividades de mantenimiento en la PTAP, rutas de inspección) con el objetivo de facilitar la creación de cronogramas de historial de equipos. En este sentido, estos recursos facilitan la creación de tablas de frecuencia de fallas de las máquinas y/o equipos, de tal manera que se puedan realizar actividades de seguimiento relacionadas según las necesidades de cada uno.

FORMATO ORDEN DE TRABAJO		Código	UNIAJC - OT-PTAP - 01
		Rige a partir de	14/05/2021
		Revisión	01
PTAP	Orden de trabajo N°:	Fecha:	Tiempo de operación
Código de la máquina:	Solicitada por:	Hora:	Inicio:
Sección:	Prioridad:	Naturaleza de la inspección	Terminó:
			Urgente:
Especificaciones del trabajo a realizar:			
Mano de obra		Materiales utilizados	
Trabajo realizado por:	Tiempo	Costo	Costo
		Descripción	Cantidad
Observaciones:			
Nombre y firma del jefe inmediato		Nombre y firma del operario	

Figura 8. Orden de trabajo PTAP
Fuente: elaboración propia.

FORMATO DE SOLICITUD DE REPUESTOS Y MATERIALES		Código	UNIAJC - SR-PTAP - 01
		Rige a partir de	14/05/2021
		Revisión	01
Solicitud N°:	Código del equipo:		
Fecha:	Sección:		
Hora:	Orden de trabajo N°:		
Repuestos y materiales que se solicitan			
Item	Descripción de los repuestos y materiales	Unidad	Cantidad
			Firma de quien recibe
Observaciones:			
Nombre y firma del solicitante			

Figura 9. Formato solicitud de repuestos y materiales
Fuente: elaboración propia.

REGISTRO SEMANAL DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PTAP		Código	UNIAJC - REG SEM-PTAP - 01
		Rige a partir de	14/11/2021
		Revisión	01
Ata:			
DD/MM/AAAA	Código de máquina	Orden de trabajo N°	Actividad reportada
			Horas inicio de ejecución
			Horas fin de ejecución
			Materiales utilizados
			Observaciones
Nombre y firma de quien presenta reporte		Nombre y firma de quien recibe reporte	

Figura 10. Registro semanal de actividades PTAP
Fuente: elaboración propia.

Se realiza construcción de rutas de inspección para las máquinas y/o equipos descritos en la Tabla 2 y se presenta en adelante estructura del mismo, esto con el fin de evitar que alguna tarea sea omitida por desconocimiento u olvido de quien ejecute la actividad de mantenimiento.

RUTA DE INSPECCIÓN EQUIPOS DE BOMBEO		Código	UNIAJC - RP-PTAP - 01
		Rige a partir de	14/11/2021
		Revisión	01
Frecuencia: Mensual		Año de ejecución:	
Mes de ejecución:		Arreglo de mediciones:	
Código de inventario:		Módulo (1)	
Módulo (2)		Módulo (3)	
Módulo (4)			
SISTEMA DE MOTORES			
Potencia			
Ampl. voltaje de placa			
Motor en buen estado	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Motor quemado	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Motor inundado	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Motor recalentado	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Motor gira libremente	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Reducción para cambios	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Se debe reabastecer	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Se corrie sentido en giro	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
TABLERO DE CONTROL			
Código de inventario			
Marca			
Plano, voltaje			
Comente medidas			
Estado guardamotor	BIENO <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	BIENO <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	BIENO <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>
Estado de rñe	BIENO <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	BIENO <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	BIENO <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>
Estado contactor	BIENO <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	BIENO <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>	BIENO <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>
Contactos freaguidos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Se nota humedad	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Cables suabos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Cables quemados	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Problema en cableado	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Bolbna quemada	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Se cambia fusible	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
INSPECCIÓN HERRAMIENTAS Y/O MECÁNICA			
Código de inventario			
Presión bomba			
Estado de la bomba			
Bomba desbalanceada			
Bomba mec. Para cambio			

Figura 11. Ruta de inspección equipos de bombeo
Fuente: elaboración propia.

Se analizó diferentes perfiles de compañías con el fin de determinar los requerimientos básicos que debe tener un operario de una PTAP y posteriormente se realiza evaluación del mismo, teniendo en cuenta los siguientes niveles:



Figura 12. Niveles evaluación de competencias
Fuente: elaboración propia basado en Duffuaa, Raouf y Dixon Campbell (2007).



Figura 14. Proyección costos mantenimiento preventivo vs correctivo
Fuente: elaboración propia

FORMA PARA INVENTARIO DE TRABAJADOR - DESTREZA		Rige a partir de	14/11/2021
		Revisión	01
Instalaciones	PTAP		
Ubicación	UNIAJC Sede Sur		
Clasificación del trabajo	Nivel de destreza requerido	Trabajador #1 Leonidas Murillo	
		Evaluación	
Operación y mantenimiento de los equipos de la PTAP	4	3	
Reconocimiento de anomalías del mal funcionamiento de las máquinas y/o equipos de la PTAP	4	3	
Conocimientos básicos en seguridad y salud en el trabajo	4	3	
Conocimiento de compuestos químicos	4	1	
Conocimiento en mecánica básica	4	1	
Conocimiento en electricidad básica	4	1	
Manejo de información de los procedimientos realizados en la PTAP	4	1	

Figura 13. Forma para inventario de trabajador-destreza
Fuente: elaboración propia.

Por último, se realiza proyección de costos mediante el cual se observa un total de gastos anuales de \$ 22.384.939, en donde el mantenimiento preventivo tiene un ahorro del 75.72 % y el correctivo solo del 24.29 %. Realizando una comparación entre los mantenimientos preventivo y correctivo se encuentra una diferencia de \$ 11.512.971, lo cual nos indica que el mantenimiento preventivo genera menores costos con respecto al mantenimiento correctivo.

CONCLUSIÓN

- Se logró realizar el levantamiento de documentación requerida para la construcción del programa de mantenimiento en un 100 %.
 - Se definió los indicadores de mantenimiento, con el fin de evaluar la efectividad del mantenimiento propuesto.
 - Se logró evidenciar mediante un análisis los principales problemas que presentaba la planta de tratamiento de agua potable de la UNIAJC.
 - La institución no contaba con los planos hidráulicos de la UNIAJC sede sur y se logra diseñar el plano hidráulico de las instalaciones.
 - Se diseña toda la ruta de inspección del sistema hidráulico gracias a los planos construidos en este proyecto de investigación.
 - Se construyeron los formatos para control y seguimiento del mantenimiento propuesto.
 - Se estandarizaron las competencias del operario de la PTAP y se evaluaron las mismas con el fin de determinar cuáles son las debilidades.
 - Se obtiene un ahorro aproximado del 75.72 % anual del mantenimiento preventivo. Esto fue lo que se logró de alguna manera visualizar, sin embargo, el impacto es mucho mayor, solo que la universidad aún no cuenta con datos precisos de sus costos de mantenimiento.
 - Se recomienda a la institución UNIAJC poner en práctica el programa de mantenimiento preventivo creado de uso exclusivo para el buen manejo de los activos de la PTAP, ya que con ello se puede garantizar disponibilidad de maquinaria y equipos.
 - Aunque el objetivo de esta investigación se cumplió, solo se dio un primer paso sobre posibles estudios alrededor del programa de mantenimiento preventivo, quedando la posibilidad que para futuras investigaciones se realice un análisis sobre cuáles son los costos que le está generando a la institución las fallas presentadas en las máquinas de la PTAP, o se podría realizar un mayor análisis sobre las acciones a ser implementadas y el impacto que estas pueden tener en la disminución de las averías en la planta.
 - La metodología utilizada en este proyecto queda como registro y como punto de partida para nuevas actividades que ayuden a tener un control y seguimiento de problemas de mantenimiento en un futuro.
-

REFERENCIAS

Álvarez, J. L., & Gayou, J. (2009). Cómo hacer investigación cualitativa - Fundamentos y metodología. Paidós.

Botero G. C. (2012). Manual de mantenimiento. SENA. https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemeta/manual_mantenimiento/#

Colpozos S.A.S. (s.f.). Bombas turbinas sumergibles Colbomas - Manual de operación y mantenimiento. Cali. Recuperado el 21 de 03 de 2021

Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Dixon Campbell, J. (2007). Sistemas de mantenimiento-Planeación y control. Limusa Wiley.

García Garrido, S. (2010). Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos S.A. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=P UovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=GARCIA+GARRIDO,+Santiago,+Organizaci%C3%B3n+y+gesti%C3%B3n+integral+de+mantenimiento,+p%C3%A1g.+13&ots=UfB93ppG_q&sig=S LKAcmc934dNXULoxiBBMzHS6g#v=onepage&q&f=false

Gross, J. M. (2002). Fundamentals of preventive maintenance. AMACOM

Klimasauskas, R. (2008). Mantenimiento de máquinas pesadas. <http://www.mantenimientomundial.com/notas/pesadas1.pdf>

Madriral Romero, M. (2007). Mantenimiento industrial. UPICSA.

Martos Navarro, F., Navarro Espigares, J. L., Bullejos de la Higuera, M. T., Gassó Bris, T. y Barros Puga, M. (2006). Gestión de la Función Administrativa del Servicio Gallego de Salud. Mad S.L.

Muñoz, B. (2005). Mantenimiento industrial. Universidad Carlos III de Madrid, Área de Ingeniería Mecánica. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/tutorial501.pdf>

Pozuelo Díaz, F. J. (2013). Mantenimiento eficiente de las instalaciones de suministro de agua y saneamiento en edificios: UF0573. Editorial IC. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/itorsp/detail.action?docID=5308653>

Seiichi, N. (1991). Introducción al TPM Mantenimiento productivo total. TPM Nymon.

SENA. (2012). Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua. http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html#