



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Implementación de un plan de mantenimiento y su efecto en la
operatividad en la planta de tratamiento de agua potable de la
municipalidad de Ascope, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial**

AUTORES:

Bach. Chávez Terrones, Karen Elizabeth ([0000-0002-6943-7660](https://orcid.org/0000-0002-6943-7660))

D'angelo Caballero Rodrigo Alonso (ORCID: 0000-0002-3041-2108)

ASESOR:

González Vásquez, Joe Alexis ([0000-0001-7816-0977](https://orcid.org/0000-0001-7816-0977))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

TRUJILLO - PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido nuestra guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A nuestros padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigas, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias hermanitas, siempre las llevo en mi corazón.

Dedico esta tesis con todo mi corazón a toda mi familia pues sin ellos no lo habría logrado, por eso les doy mi trabajo en regalo por su amor.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad César Vallejo, a toda la Facultad de Ingeniería, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Y finalmente a nuestros padres por su dedicación y amor incondicional que nos brindan y nos fortalecen para ser mejores personas cada día.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA	12
3.1 Tipo y diseño de investigación	12
3.2 Variables y operacionalización.....	13
3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo y unidad de análisis	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5 Procedimientos.....	16
3.6 Método de análisis de datos	18
3.7 Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIONES.....	64
VII. RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS	67
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	23
Reporte de horas de parada de máquina en el área de tratamiento de agua durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021	23
Tabla 2.....	25
Número de mantenimientos correctivos realizados a las máquinas en el área de tratamiento de agua durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021	25
Tabla 3.....	26
Análisis de Modo Efecto de Falla “AMEF” y el número prioritario de riesgo “NPR” y Análisis de Criticidad del proceso	26
Tabla 4.....	31
Número de equipos en la planta de tratamiento.....	31
Tabla 5.....	32
Descripción del horario de mantenimiento centrado en la confiabilidad de las bombas de agua centrífuga.....	32
Tabla 6.....	33
Descripción del horario de mantenimiento centrado en la confiabilidad de la bomba horizontal de lodo	33
Tabla 7.....	34
Descripción del horario de mantenimiento centrado en la confiabilidad de la electrobomba.....	34
Tabla 8.....	36
Reporte de horas de parada de máquina post implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en el área de tratamiento de agua durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022.....	36
Tabla 9.....	37
Número de mantenimientos correctivos realizados a las máquinas en el área de tratamiento de agua durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022.....	37
Tabla 10.....	39
Comparación pre y post en horas máquina y costos.....	39
Tabla 11.....	40
Comparación pre y post del número de mantenimientos realizados y sus costos.	40
Tabla 12.....	41
Determinación del efecto de la ejecución del plan de mejora en número de mantenimientos máquina.....	41
Tabla 13.....	42
Determinación del efecto de la ejecución del plan de mejora en el costo de mantenimientos máquina.....	42
Tabla 14.....	43
Comparación de los indicadores antes y después de la implementación del Plan de Mantenimiento	43
Tabla 15.....	44
Programación de mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable de Ascope: Febrero, marzo y abril 2022.	44
Tabla 16.....	48
Datos presupuestados de las máquinas de la planta de tratamiento de agua – horas de parada de máquina.....	48
Tabla 17.....	49

Datos presupuestados de las máquinas de la planta de tratamiento de agua – número de mantenimientos correctivos	49
Tabla 18.....	51
Flujo de caja económico	51
Tabla 19.....	52
Estadística descriptiva del número de horas de parada de máquinas.....	52
Tabla 20.....	53
Estadística descriptiva del número de mantenimientos correctivos de las máquinas ..	53
Tabla 21.....	54
Estadística descriptiva de la operatividad de las máquinas.....	54
Tabla 22.....	55
Análisis de normalidad de datos de la operatividad de las máquinas.....	55
Tabla 23.....	56
Análisis de prueba paramétrica de operatividad.....	56
Tabla 24.....	56
Análisis estadístico de prueba – T-Student para operatividad.....	56
Tabla 25.....	57
Análisis de prueba paramétrica de horas de parada	57
Tabla 26.....	58
Análisis estadístico de prueba – T-Student para horas de parada	58
Tabla 27.....	58
Análisis de prueba paramétrica del número de mantenimientos correctivos	58
Tabla 28.....	59
Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon para el número de mantenimientos correctivos	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1.	18
Procedimiento de investigación en la planta de tratamiento de agua potable de Ascope	18
Figura 2.	19
Procedimiento de análisis de datos en la planta de tratamiento de agua potable municipal de Ascope.....	19
Figura 3.	21
Organigrama de la Municipalidad de Ascope	21
Figura 4.	24
Diagnóstico del número de horas de parada de máquina en el área de tratamiento de agua durante los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2021	24
Figura 5.	26

Diagnóstico del número de mantenimiento de máquinas en el área de tratamiento de agua durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021	26
Figura 6.	37
Post datos del número de horas de parada de máquina en el área de tratamiento de agua durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022	37
Figura 7.	38
Post datos del número de mantenimientos correctivos de máquinas en el área de tratamiento de agua durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022.....	38
Figura 8.	40
Comparación pre y post de horas parada de máquinas.	40
Figura 9.	41
Comparación de costos pre y post de parada de maquina	41
Figura 10.	50
Comparación de los costos de paradas y mantenimiento antes y después de la ejecución del plan de mantenimiento.	50

RESUMEN

El presente trabajo de investigación llevó como título “Plan de mantenimiento y su impacto en la operatividad de las máquinas de la planta de tratamiento de agua potable de Ascope, 2021”

El objetivo de la investigación fue implementar un plan de mantenimiento para mejorar la operatividad de las máquinas de la planta de agua potable de Ascope. Los objetivos específicos fueron: realizar un diagnóstico situacional de la planta de agua potable de Ascope, implementar un plan de mantenimiento para la planta de agua potable de Ascope, determinar el impacto del plan de mantenimiento en la operatividad de la planta de agua potable y evaluar los ahorros económicos mediante una programación de mantenimiento en la planta de agua.

La metodología de la investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y de diseño pre experimental.

Los resultados de la investigación determinaron que se redujeron las horas de parada de máquina de 396,40 horas a 158,56 horas y el número de mantenimientos correctivos de 108 a 36 mantenimientos.

La conclusión de la investigación afirmó que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejoró la operatividad de la máquina con un nivel de significancia de 0,000.

Palabras clave: Plan de mantenimiento, Operatividad, RCM.

ABSTRACT

The present research work was entitled "Maintenance plan and its impact on the operability of the machines of the Ascope drinking water treatment plant, 2021". The objective of the research was to implement a maintenance plan to improve the operability of the machines of the Ascope drinking water treatment plant. The specific objectives were: conduct a situational diagnosis of the Ascope drinking water plant, implement a maintenance plan for the Ascope drinking water plant, determine the impact of the maintenance plan on the operability of the drinking water plant, and evaluate the economic savings through a maintenance schedule for the water plant.

The research methodology was applied, with a quantitative approach, explanatory level and pre-experimental design.

The results of the research determined that machine downtime hours were reduced from 396.40 hours to 158.56 hours and the number of corrective maintenances from 108 to 36 maintenances.

The conclusion of the research stated that the implementation of a reliability-based maintenance plan improved machine operability with a significance level of 0.000.

Keywords: Maintenance plan, Operability, RCM.

I. INTRODUCCIÓN

Durante el año 2020 la pandemia producida por el Coronavirus. Impacto los niveles de aumento de consumo de agua a nivel mundial, ya que las personas con mayor frecuencia usaban este recurso hídrico para el lavado de manos, lavado de alimentos, lavado de ropa, entre otros. Pero este aumento del consumo de agua no es reciente, ya que según (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura 2019) a nivel mundial la utilización de este recurso hídrico ha venido aumentando un 1% cada año desde 1980 promovido por una mezcla de crecimiento poblacional y progreso socioeconómico. Además, la demanda global de este recurso se estima que continúe incrementando constantemente hasta 2050, lo que simboliza un aumento de 20% al 30% sobre el presente nivel de manejo del agua, ya que hay un crecimiento de la demanda en el área industrial y doméstico.

Por otra parte, establece que cerca de dos mil millones de personas habitan en regiones con fuerte pobreza de agua, mientras que cerca de 4 000 millones de seres humanos tienen una gran escasez de agua al menos 30 días al año.

Asimismo, (Banco Mundial 2019) sostiene que “Dos mil doscientos millones de individuos no tienen acceso a servicios de agua gestionados con un procedimiento seguro, 4200 millones no cuentan con servicios de forma segura y otros 3000 millones necesitan de instalaciones fundamentales para lavarse las manos”. Además, menciona que “los índices de expansión económicos de algunas regiones podrían reducirse en hasta un seis por ciento del PBI en 2050, como resultado de pérdidas vinculadas con el agua en las esferas de la agricultura y la salud”.

A nivel mundial, según (AguasResiduales 2016) los cinco países líderes en el manejo inteligente del agua son: Singapur, Países Bajos, Estocolmo, Israel y EE.UU. Por otra parte a nivel latinoamericano casi una cuarta parte no tiene acceso al agua en tuberías de un sistema de agua aceptable, además detalla los desafíos que tiene la región los cuales se detallan a continuación: desigualdad en el acceso al agua, no existen órganos de control eficientes, problema de sostenibilidad económica de los proyectos de tratamiento de agua potable, gran cantidad de habitantes sin un adecuado sistema de tuberías, saneamiento y conexiones para salida de agua.

A nivel nacional, según (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento 2018) existen en general 143 PTAR. Por otra parte, las inversiones en construcción de PTAR se valoran en \$369 millones, cantidad interpuesta por distintos gobiernos para prevenir o mejorar los efectos que contaminan las aguas residuales para cuidar y proteger el ambiente humano y natural.

Actualmente, según (Servicios de Agua Potable Y Alcantarillado de La Libertad 2020) en la región existen 3 plantas potabilizadoras, 11 sistemas de lagunas de estabilización y 24 estaciones de bombeo de aguas residuales operativas". Además, el volumen de agua residual recolectada fue de 36,82 millones de m³. La planta potabilizadora de Ascope se dedica a la potabilización del agua que proviene del distrito de Ascope y zonas aledañas y al ser vital el uso del agua en la actualidad producto de la pandemia, es vital que funcione adecuadamente todas las máquinas dentro de la planta para evitar el desabastecimiento de agua a los pobladores o la producción de agua de baja calidad que pueda perjudicar la salud de los pobladores.

Por lo tanto, nuestro problema fue ¿Cuál es el efecto de implementar un plan de mantenimiento en la operatividad de la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022?

El objetivo general de la presente investigación fue, Implementar un plan de mantenimiento para la mejora de la operatividad en la planta de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022.

Los objetivos específicos fueron: Realizar un diagnóstico situacional de la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022. Diseñar o elaborar un plan de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022. Ejecutar el plan de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022. Evaluar el efecto de la implementación del plan de mantenimiento en la operatividad de la planta de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022. Nuestra hipótesis general fue: Implementar un plan de mantenimiento mejora la operatividad de la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022. Mientras que hipótesis específica 1 fue: Implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad disminuye significativamente las horas de parada de máquinas de la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022 y, por último, como hipótesis específica 2 se tuvo:

Implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad disminuye la frecuencia de mantenimientos correctivos de la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022.

La presente investigación se justificó en lo social porque se desempeñó las distintas planificaciones de una forma organizada que mantenga un buen rendimiento por parte de los operarios y mejorando el servicio a los usuarios y a los propios trabajadores (Alva 2019); en lo económico, Según (Garay 2018) se justificó por la disminución de paradas no programadas teniendo para este propósito un programa de mantenimiento preventivo y así de tal manera se disminuyeron los costes que no fueron justos. Por otra parte, en lo práctico se justificó según (Rosales 2017) por asegurar el buen desempeño y operatividad persistente de los equipos, con la fabricación de un Plan de Mantenimiento Preventivo, el cual permitió disminuir los gastos de reparaciones correctivas, disminuir interferencias en los procesos señalados, descartar los daños de importancia y ampliar la eficiencia de los equipos en general en los procesos. Finalmente, lo teórico se justificó porque el manejo de herramientas de gestión de mantenimiento confirmará la metodología y teoría impartida.

II. MARCO TEÓRICO

Se corroboraron distintos artículos científicos nacionales e internacionales para poder indagar y fortificar la valoración de presentar una investigación alusiva a la conexión entre el plan de mantenimiento y la operatividad de la máquina, a continuación, se exponen los artículos científicos que acrecientan el presente estudio.

En el contexto internacional (Molina 2020) en su artículo titulado “Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable en Tixán Etapa EP “Módulo II” La realización del modelo propone envolver a todo el personal como a la directiva, trabajadores y mantenedores. Según el efecto obtenido en la indagación de criticidad y RCM, se han ampliado planes de mantenimiento en áreas determinadas donde están interviniendo los encargados de dichas áreas, y con posterioridad servirán de piloto para toda la planta. Además, es notable tomar en cuenta que, para el área de mantenimiento, organizar un mantenimiento autónomo el cual es efectuado por el personal de operaciones en eficacia de que sean aditivos de un todo. Ya que en un comienzo

el personal de mantenimiento emprende a tener mayor carga laboral esto se debe a que tiene que chequear que los trabajadores realicen las inspecciones y actividades del mantenimiento autónomo.

Cubides 2018, en su investigación “Plan de mantenimiento en las pequeñas y medianas empresas para las extrusoras de plástico de Bogotá” trabajo de especialización. Refiere que su objetivo es plantear un plan de mantenimiento en las pequeñas y medianas empresas para las extrusoras de plástico de Bogotá, debido a que existe una falta de automatización en la etapa de calefacción, problema que provoca un déficit en los costos operacionales. Para la operatividad de la máquina se usó diagrama de proceso productivo, diagrama de proceso de mantenimiento y análisis de indicadores; demostrando que se minimiza los bajones de energía y disponer el proceso de mantenimiento para disminuir costos. Así mismo el estudio contribuye a la investigación en el manejo de un portafolio de servicios de mantenimiento para las máquinas y la gestión de mantenimiento.

Du Toit et al. 2019, en su artículo científico “Improving time response for corrective maintenance of rail infrastructure: a study of the western cape passenger rail network.”. Refieren que su objetivo fue mejorar el tiempo de respuesta para el mantenimiento correctivo de la infraestructura de señalización ferroviaria porque la división de operaciones de la agencia de ferrocarriles de pasajeros de Sudáfrica se ve obstaculizada por una disminución en el rendimiento debido al envejecimiento del material rodante y la tecnología obsoleta, agravada por el tiempo necesario para actualizar la infraestructura y máquinas. Para mejorar el tiempo de respuesta del mantenimiento correctivo de la máquina se usó el análisis de KPI del área de mantenimiento, MTTR y análisis de fallos y accidentes relacionados al mal mantenimiento. Por otro lado, este trabajo conduce a la investigación en el progreso de los tiempos de respuesta para los incidentes y la capacidad de los gerentes para ver dónde están ocurriendo los problemas.

Machado et al. 2017, en su artículo científico “Machinery and equipment maintenance methodology for the textile industries located in the Zona da Mata Mineira.”. Refieren que su objetivo fue demostrar la metodología adoptada por el

área de mantenimiento de industrias textil, para someter al sector textil a la utilización de la mejora continua para obtener altos niveles de productividad, reducir costos y ser compatibles con metas de producción y gastos en cada empresa a nivel mundial. Para la investigación los investigadores aplicaron encuestas para conocer las características de mantenimiento en 54 empresas del sector textil. Por otro lado, este trabajo aporta a la investigación en conocer la realidad textil de las industrias en el territorio de la Zona da Mata, para mejorar la gestión de mantenimiento y así aumentar vida del equipo y reducir la posibilidad de rotura en los equipos y de esta manera aumentar la producción.

Bensaci y Hadjadj 2020, en su artículo científico “The impact of optimization on the service life of strategic machines with integrated maintenance actions.”. Refieren que su objetivo fue implementar dos procedimientos de optimización y utilizar métodos gráficos y analíticos del parámetro de Weibull porque al actualizar el periodo de evolución de la tasa de falla de la máquina hace posible para caracterizar la categoría del tipo de falla también y localizar el elemento defectuoso para optimizar la criticidad en FMECA, luego para definir una adecuada política de mantenimiento. Para optimizar los mantenimientos de máquinas utilizaron el análisis cuantitativo de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad (RMA), en el diagrama de Pareto (A B C) y en el análisis de los modos de falla y su impacto en la criticidad (FMECA). Por otro lado, este trabajo aporta a la investigación en ubicar los elementos críticos y determinar el tiempo preventivo sistemático de los reemplazos en la vida útil de las máquinas.

(Alegria & Supo 2017) en su publicación científica, titulada “Gestión de mantenimiento en el área de electromecánica para reducir costos en el hospital regional Lambayeque” indica que su objetivo es ofrecer una Gestión del Mantenimiento que admita aminorar los el coste de mantenimiento en la zona electromecánica del nosocomio Regional Lambayeque además su vez intenta que las máquinas realicen su labor útil de forma eficaz, accediendo a estar con la capacidad para realizar la obligación de servicio del nosocomio . Finalizando como hallazgo que para aminorar costes de mantenimiento en la zona electromecánica en el nosocomio Regional Lambayeque con la adaptación ideal de un plan de mantenimiento para reducir los índices de tasa de fallo de 79% a 20%, ampliar la fiabilidad de 49% a 82% e incrementar la disponibilidad de 67% a 95%.

De igual manera, resume que la trascendencia de la propuesta de implementación del TPM en la zona electromecánica permite aminorar costes en el mantenimiento de equipos, además de disminuir la tasa de fallas de los mismos y acrecentar la disponibilidad y la fiabilidad de estos.

García 2017, en su investigación titulada “Mantenimiento Preventivo y Predictivo: Una polémica trascendental”. Finaliza que, para adaptar el mantenimiento predictivo, previamente se deberá hacer el mantenimiento preventivo de las máquinas o equipos del sistema de producción. Y no al revés. Este precedente revela que, para la ejecución y la mejora continua del mantenimiento predictivo, se debe orientar en un método distinto del mantenimiento preventivo como aquello que se vio con anterioridad y es el suplemento idóneo para elaborar el Mantenimiento basado en condiciones.

Díaz et al 2016, en su artículo titulado “Implementación del Mantenimiento en empresas de transmisión eléctrica Centrado en la confiabilidad” Refiere que se trazó una herramienta que permitió conferir si en las empresas de transferencia eléctrica es posible la implementación de una teoría de planificación del mantenimiento basado en la fiabilidad y la potencia de conocer si en el momento del análisis la empresa está preparada para esa implementación. Produciendo como consecuencia una confiabilidad del instrumento de alfa de Cronbach = 0,9220, o sea un 92,2 % de confiabilidad considerado como excelente. La variable I, presentó una confiabilidad alfa de Cronbach = 0,9243, considerado como notable (92,43 % de confiabilidad), así mismo la variable II presentó un valor alfa de Cronbach = 0,7574, un 75,7 % de confiabilidad. Si bien el valor obtenido no es sobresaliente como la variable I este puede interpretarse como aceptable.

De acuerdo a (García 2016) el plan de mantenimiento es “diseñar un método de ciertas tareas, donde se programa una estrategia, esta comprende los diferentes procedimientos y la extensión necesaria para llevar a efecto el mantenimiento”.

En el contexto nacional Uribe 2020, en su investigación titulada “Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la mejora de la disponibilidad un equipo de remallado de una empresa textil”. Indica que tiene como objetivo adaptar un plan de mantenimiento basado en la fiabilidad para un equipo de remallado de una pequeña empresa del área textil, logrando así

alargar su vida útil, disminuyendo el periodo y costes que arraiguen. Teniendo como hallazgo de un progreso significativo a partir del segundo mes de la implementación del plan, en relación al KPI de disponibilidad del equipo de remallado, debido a la disminución de periodos de mantenimiento a 14 horas por mes, siendo el tiempo inicial planeado de 176 horas, se condujo a realizar la variación de la disponibilidad en la siguiente ecuación

$$Disponibilidad = \frac{176 - 14}{176} = 92\%$$

Se produjo un indicador de disponibilidad del 92 %, incrementando en un 18 % en enlace a la disponibilidad preliminar, lo que demostró la estimación de contar con un plan de mantenimiento en una empresa.

Alavedra et al 2016, en su estudio titulado “Gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad de camiones 730e Komatsu-2013”. demuestra que el estudio de la posición vigente de los dispositivos estableció la conexión existente entre la gestión de mantenimiento mediante sus KPI y la disponibilidad. El coeficiente de correlación fue 79,1 %, revelando la existencia de un nivel de correspondencia entre las variables de MTBF y MTTR. Acabando como resultado que en la flota de camiones 730e Komatsu-2013, el MTBF del año 2011 tuvo una declinación comparada con el año 2010, cerca del 9,68 %, con una varianza de 11,59 horas. Se aprecia que el MTBF del 2012, comparado con el año anterior, admitió una disminución de 20,20 %, con una varianza de 21,83 horas. El MTBF del 2013 comparado al año anterior sufrió una disminución de 39,51 %, con una varianza de 34,07 horas. En consecuencia, la tendencia presenta una disminución en el periodo de continuar con el proceso.

Cruz et al 2020, en su artículo titulado “Diseño de plan de mantenimiento Kardex, preventivo, vsm y balance de línea para reducir costes”. Refiere como su intención resolver la problemática frecuente en una empresa, con la ayuda del diseño de herramientas de ingeniería que fueron apreciadas en base a limitaciones realistas que concretaron la mejor opción. Se valoró el impacto del diseño de Plan de Mantenimiento Kardex, VSM y Balance de Línea sobre los

costes de la planta, por lo que se estableció y simuló indicadores por cada herramienta que fueron comparados con tipos de ingeniería empleados en otras organizaciones generalmente. Sacando como resultado que con el Mantenimiento en la planta, se produjo una estimación del OEE de 70.36% lo que presenta una mejoría de 8.73% en contraste con el valor actual, lo cual revela una mejora para la empresa y por lo tanto economizar, entonces un aumento en los beneficios para la empresa. Pero para ello, es forzoso que la empresa realice una transposición para la implementación de esta herramienta.

Rosales 2017; en la tesis denominada “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas en el lavadero de salinas de la empresa DELISHELL S.A.C”. Refiere como finalidad asegurar los recursos y fiabilidad operacional de las máquinas, de forma competente y estable, con la finalidad de aportar con todas las normas de calidad que establece la compañía, debido que en la zona de mantenimiento se encuentran alteraciones en el desarrollo del mantenimiento preventivo y por falta en los conocimientos de los empleados hacia la maquinaria que se emplea. Se utilizó matriz de análisis FODA para mejorar el plan de mantenimiento y operación de la máquina, observación directa, entrevista y diagrama de Ishikawa; demostrando que el indicador de disponibilidad es de 37.6%, indicando que es constante las fallas en las máquinas y el indicador de fiabilidad es de 61.6%, de los cuales establece que el desempeño de los equipos se ejecuta en mala situación.

Herrera 2019; en la tesis denominada “Mejorar el mantenimiento preventivo para incrementar la operatividad de los equipos tragamonedas en la empresa Newport Capital SAC, Lima, 2018”. Indica que tiene como finalidad demostrar que este tipo de mantenimiento aumenta la operatividad de los equipos, debido a que existe una imperfección en el mantenimiento preventivo del departamento técnico de la compañía. Para optimizar el plan de mantenimiento y la operatividad de la máquina se usó informes técnicos mensuales; demostrando que el mantenimiento preventivo mejoró la operatividad en las máquinas, ya que había mayor número de máquinas produciendo y las fallas recurrentes se redujeron, debido a que las modificaciones realizadas en el mantenimiento se arreglaron y la supervisión, permitiendo darle al personal mejor indumentaria

para que lo pueda emplear en su labor. Por otro lado, este trabajo aporta a la investigación mejorar el tiempo de respuesta para el cambio de repuesto de las máquinas.

Según IMG 2020, las averías se dan y no hay nada que pueda evitar esto. Pero en la prudencia que se realice un plan de Mantenimiento, se disminuyen las fallas que se puedan dar. Hoy por hoy es importante e indispensable olvidarse de este punto en particular la Gestión de Activos. Los gastos en recursos son extremadamente elevados, y el pésimo manejo de los mismos deriva la capacidad de disminución económica críticamente.

En el contexto local Diestra 2018, en la tesis denominada “Incremento de la operatividad de las máquinas de la empresa metal Work Industrias S.A.C”. Refiere que su objetivo fue ampliar la disponibilidad de las máquinas de la compañía, aplicando un plan de gestión de mantenimiento preventivo, debido a que el mantenimiento correcto era el único aplicado ocasionando paros en el sistema productivo y menores ingresos para la empresa. Para mejorar el plan de mantenimiento y la operatividad de la máquina se usó revisión de documentos, observación y entrevistas; demostrando que se acortó en 60,53% el número de deficiencias y el tiempo total de reparación en 32,13%, con estas mejoras se permitió el aumento de tiempo disponible en 4%, lo que permitió mejorar en 3,87% y la operatividad en 4%. Por otro lado, este trabajo aporta a la investigación en la implementación de los planes de mantenimiento, implementar técnicas predictivas y capacitar al personal.

Durante el desarrollo de la investigación se consideraron las diferentes teorías importantes relacionadas al tema, recogidas a partir de fuentes bibliográficas necesarias para abordar mejor conocimiento sobre los conceptos de mantenimiento preventivo, confiabilidad, fiabilidad, operatividad de máquina, entre otros.

Según García 2016, el plan de mantenimiento es “diseñar un procedimiento para determinadas actividades, donde se planifica una estrategia, que incluye los diferentes procedimientos, recursos y el tiempo que se tardaría en realizar el mantenimiento”.

Los tipos de mantenimientos según la misma autora son: “mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento programado, mantenimiento predictivo y mantenimiento productivo total”.

Según Gonzales 2020, “el mantenimiento se precisa como una combinación de labores que un equipo o sistema se conserva en una forma en el que puede ejecutar su función específica”.

Según IMG 2020, los pasos para realizar un adecuado plan de mantenimiento son: establecer metas, implantar un presupuesto, incluir la maquinaria y equipo, supervisar los mantenimientos previos, consultar manuales de equipos, escoger el tipo de mantenimiento a ejecutar y organizar, proyectar las tareas del plan y verificar el plan y analizar la información.

Además, Según Acuña y Casana 2019, el mantenimiento correctivo es el mantenimiento, las técnicas y las aplicaciones industriales indican que el mantenimiento correctivo es la serie de actividades que deben realizarse en los activos de una compañía cuando se presente una falla en el equipo, maquinarias, componentes, dispositivos o piezas y finalmente indican que es la acción correctiva inmediata de acuerdo al tipo de falla. Además, este mantenimiento se ejecutará solo cuando el equipo no pueda seguir funcionando adecuadamente. No hay elementos planificados para dicho mantenimiento. Existen dos tipos de mantenimiento correctivo:

Planificado: se conoce que realizar cuando un equipo se suspende por mantenimiento, y así se pueda emplear el personal necesario, las piezas de repuesto y los documentos técnicos para ejecutar y se pueda el mantenimiento correctamente.

No Planificado: esto es mantenimiento de emergencia. Debido a fallas que se pueda dar que deben restaurar en el tiempo menos posible, o debido a condiciones de emergencia que deben efectuar, esta operación se hace lo más rápido posible.

Por otra parte, Gonzales 2020, el mantenimiento preventivo se aplica específicamente para prevenir fallas planificadas en equipos, sistemas e instalaciones mediante la organización y programación correctas de participaciones habituales que afecta el proceso de producción o daño en el beneficio normal de los componentes. El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar los recursos, así como el funcionamiento del equipo a través del

mantenimiento planificado 20 demostrado en supervisiones programadas en los puntos potenciales de falla.

Según Gonzales 2020, el mantenimiento productivo total es un método mejorado para garantizar la disponibilidad esperada y la confianza de las operaciones, maquinarias y sistemas con la aplicación de los próximos criterios: ningún accidente, ninguna falta, prevención y la colaboración universal del personal. Cuando se trata de una colaboración segura, esto significa que las labores tradicionales de mantenimiento preventivo pueden ser aplicadas por personal de mantenimiento, así como el de producción, personal altamente capacitado y versátil.

Para Gonzales 2020, la disposición es un plazo agregado a indicar la capacidad de poseer algo. Frecuentemente se define por el tiempo promedio entre la falla y la reparación. Por tanto, la disposición reconoce la continuidad de fallas y el tiempo preciso que se necesite para reponer el servicio.

Por lo tanto, se tiene utiliza la siguiente fórmula para calcular la disponibilidad de máquina

$$D = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Dónde: MTBF = Tiempo promedio entre fallas

MTTR = Tiempo promedio de reparación

Por otra parte, Gonzales 2020 define la confiabilidad como la posibilidad de que un sistema o dispositivo, pueda marchar adecuadamente sin fallas, por un periodo de tiempo especificado. Más rápido es la posibilidad de que un sistema o producto funcione.

Finalmente, Gonzales 2020, define a la mantenibilidad como la capacidad de mantenimiento es una característica de fallas y reparaciones del equipo en tiempos de reparación específicos.

Según Herrera 2019, existen dos dimensiones para el plan de mantenimiento los cuales son: el porcentaje de máquinas con plan de mantenimiento y el porcentaje de disponibilidad de la máquina

Según el mismo autor el porcentaje de máquinas con plan de mantenimiento se calcula mediante la división del número de equipos programados para mantenimiento entre el número total de equipos.

Por otra parte, definió el porcentaje de disponibilidad de la máquina como la división entre los números de equipos programados menos los números de equipos parados entre el número de equipos programados.

Según Rodríguez 2019, la operatividad de máquina “La duración en el tiempo de un equipo o máquina industrial antes que necesite algún tipo de mantenimiento. Los indicadores para medir la operatividad de la máquina según Infraspak 2021, son: disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad y la eficiencia general de los equipos.

De acuerdo a Herrera 2019, existen dos dimensiones para la operatividad de la máquina las cuales son: incremento de operatividad de máquinas y disminución de tiempos operativos de las máquinas.

Según el autor al aumentar los números de máquinas operativas es la división entre total de máquinas neutralizar por mes entre el total de máquinas.

Por otra parte, definió la optimización de tiempos de operación de las máquinas como la división entre el total de horas deshabilitadas por máquina al año entre el total de máquinas por mes.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: El tipo de investigación fue aplicada y se caracterizó por adquirir nuevos conocimientos que permitieron resultados prácticos a las dificultades (Álvarez, 2020).

De acuerdo a Álvarez 2020, el diseño experimental es aquella investigación en la cual la información se adquiere por inspección de los sucesos condicionados por el investigador, en donde se emplea una sola variable y se espera la respuesta.

Diseño de investigación: Fue pre experimental, puesto que según Hernández y Mendoza 2018, la elección de individuos no se da al azar ni tampoco se agrupan, sino que ya previamente se han establecidos los grupos a experimentar.

El enfoque fue cuantitativo, ya que utiliza la recopilación de datos para evidenciar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el objetivo de disputar pautas de comportamiento y justificar teorías (Hernández y Mendoza 2018).

El alcance del estudio fue explicativo debido que busca implantar las causas de los hechos o fenómenos que se estudian (Hernández y Mendoza 2018).

Por lo tanto, el estudio fue pre experimental, ya que el control por parte del investigador sobre la variable independiente es mínimo, lo que significa que los grupos de control y experimentación no se asignan aleatoriamente. El esquema de investigación fue posteriormente:

$$G: O1 \rightarrow X \rightarrow O2$$

Donde:

G: Unidad muestral donde se aplicó el estímulo

O1: Diagnóstico (Operatividad inicial)

X: Variable Independiente (Plan de mantenimiento)

O2: Operatividad post tratamiento

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: Plan de mantenimiento (variable cuantitativa)

Es la característica que se planificó y se contabilizó en el recuento de los recursos asignados al mantenimiento de un activo. Esta característica fue una pieza importante para el control de equipos, cumplimiento de objetivos y producción de la empresa (Albornoz 2020).

El Plan de Mantenimiento tolera recopilar todas las actividades que son necesarias para un buen trabajo para su mejor realización, donde se indica la fecha por acontecimientos, lugar, persona que redacta, aprobación, equipo de trabajos y plazos aptos para el mantenimiento de equipos. Además, el objetivo es el acceso total de los equipos para su utilización en la empresa, integrado por el mantenimiento preventivo y predictivo.

Variable dependiente: Operatividad (variable cuantitativa)

Se determinó como el activo permanente que a través de la mejora de pautas y ordenamientos produzcan de modo eficaz, estable y económica la mayor disposición técnica y operativa de los equipos según los requisitos de producción (Herrera 2019).

La operatividad es definida como la posibilidad remota de que un equipo falle y además que su tiempo sean los mínimos necesarios para que el equipo pueda estar en funcionamiento el mayor tiempo posible y cuando sea requerido ([Ver anexo A1](#)).

3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo y unidad de análisis

Población

Se consideró como población a todos los componentes de la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, en la cual estuvo enfocada la investigación concordando con determinadas especificaciones. (Arias et al. 2016) describiendo a la población como el conjunto de situaciones, definidas, limitadas y accesibles, que constituyo el referente para la elección de la muestra por cumplir los criterios.

En general estuvo conformada por todas las máquinas de la planta de tratamiento de agua de la municipalidad de Ascope, que operan 16 horas al día.

- **Criterios de inclusión**

Máquinas que estuvieron operativas en la planta de tratamiento de agua de la municipalidad de Ascope

Máquinas con una antigüedad menor a 10 años

Máquinas que hayan pasado por un programa de mantenimiento en los últimos 5 años

- **Criterios de exclusión**

Máquinas que no estaban operativas en la planta de tratamiento de agua de la municipalidad de Ascope.

Máquinas con una antigüedad mayor a 10 años

Máquinas que no hayan pasado por un programa de mantenimiento en los últimos 5 años.

Muestra

Según (Hernández 2018) “la muestra es un subgrupo del universo o población del cual se adquieren la información y que debe ser algo ejemplar de ella”.

(Investigalia 2020) se determina la muestra como una parte de la población que poseen peculiaridades iguales que esta.

Del mismo modo, para (Ochoa 2016) la muestra es la asignación de un grupo de individuos de una misma población para ser estudiados.

La muestra fue censal y estuvo constituida por las máquinas del área de producción de la planta de tratamiento de agua de la municipalidad de Ascope.

Muestreo

(Ochoa, 2016) precisa que el muestreo es el procedimiento para elegir los elementos de una población para analizarlos y describirlos.

No se realizará muestreo, ya que se trabajará con toda la población.

Unidad de análisis

Máquinas que se encuentran en la línea de tratamiento de agua potable de la planta de la municipalidad de Ascope.

Unidad Muestral

La unidad muestral estuvo definida por los participantes a quienes se le aplicó el cuestionario y cuyos criterios de inclusión y exclusión se detallan a continuación.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó el método inductivo deductivo, mediante técnicas de ingeniería, con el fin de investigar sobre la situación real de la empresa y ver las causas principales fallas de la máquina en la planta de tratamiento de agua de Ascope, y a partir de ello de desarrollar o ver una solución. Estas fueron:

Técnicas

Las técnicas aplicadas en la investigación fueron la observación, la encuesta y el análisis documental.

La observación fue el reconocimiento propio del investigador acerca de la información necesaria en su investigación, sin necesidad de dirigirse a algún individuo (López y Fachelli 2016). Mediante la observación se identificaron los problemas en la planta de tratamiento de agua, la situación real de la empresa.

Mientras que la encuesta “es aquella técnica de recolección de información de individuos sobre diversas características del mismo” (Hernández y Mendoza 2018). Mediante la encuesta se obtuvo información de todos los procesos de la planta de tratamiento de agua y así verificar el periodo que fallo y la ejecución de

mantenimiento. En ese sentido, se aplicaron encuestas a expertos en el área de estudio para conocer el impacto de las causas raíces. Por lo que, se realizó una serie de preguntas a los trabajadores del área de distribución, con el fin de conocer cuáles son los puntos críticos del área.

Finalmente el análisis documental es definido como la técnica que estudia los contenidos de cualquier tipo de comunicación y que son sometidos a análisis estadístico (Aguilar y Otuyemi 2020). Mediante el análisis documental, se indagó sobre la problemática y se recolectó información cuantitativa en los documentos físicos y virtuales de la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, a partir de la clasificación de las herramientas adecuadas para ejecutar el análisis de documentación histórica. [Ver anexo A13](#)

Validez

La forma de corroborar resultados a través de la repetición del experimento, lo cual servirá para ratificar los resultados obtenidos (Ríos et al. 2020).

Esta indagación mediante cuestionario fue aprobada por los expertos en tesis (profesionales de Ingeniería Industrial) y además por el encargado elegido por la empresa donde se realizó dicha investigación [\(Ver anexo A5\)](#).

Confiabilidad

Indica el grado en que la aplicación reiterada del instrumento a la razón de estudio, genere los resultados esperados (Hernández y Mendoza 2018)

La confiabilidad fue dada por la opinión de los expertos para validar los instrumentos empleados en la investigación [\(Ver anexo A9\)](#).

3.5 Procedimientos

Para realizar la investigación en la Municipalidad de Ascope se solicitó al gerente general el permiso pertinente, la cual fue otorgado mediante la autorización.

Para adquirir la información de las dos variables analizadas, la municipalidad de Ascope permitió el levantamiento de información en la planta de tratamiento de agua potable, para ello se solicitó un permiso al jefe de planta para poder visitar las instalaciones a la hora que la carga laboral era menor para el jefe de planta. Después, con el permiso del jefe de planta se procedió a contactar al supervisor de mantenimiento para poder pedirle acceso a la información sobre los problemas de operatividad de las máquinas en la planta y además sobre el

informe de los meses de enero a marzo del 2022 sobre el número de horas de parada y número de mantenimientos correctivos. Posterior a ello, con la información brindada por el supervisor de mantenimiento, se procedió a realizar el diagnóstico inicial del área de producción de la planta de tratamiento de agua municipal de Ascope utilizando el diagrama de Ishikawa ([Ver anexo A6](#)) y las técnicas de observación y encuesta, finalizado el diagnóstico de la planta se procedió a llevar a cabo la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para poder llevar a cabo el programa de mantenimiento en la planta a fin de lograr para la perfección la operatividad de las máquinas. Luego de haber realizado la ejecución del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad se procedió a evaluar los indicadores del número de horas de parada de máquina y el número de mantenimientos correctivos a fin de poder evaluar si se logró una reducción de estos valores. Finalmente, se realizó la evaluación económica y financiera con el propósito de poder determinar los beneficios económicos de la ejecución y ver la factibilidad de la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en la planta de tratamiento municipal de Ascope.

Expandiendo al componente anterior, se elaboró el marco teórico, metodología, aspectos administrativos, que autorizaron elaborar el documento inicial de la investigación.

Estas actividades se resumen en:

A. Diagnóstico inicial en el área de producción de agua potable:

- Diagrama de Ishikawa
- Observación
- Encuesta

B. Implementación del plan de mantenimiento:

- Programa de mantenimiento

C. Evaluación de indicadores:

- Número de horas perdidas por paradas
- Número de mantenimientos correctivos

D. Evaluación económica:

- Determinación de beneficios económicos
- Factibilidad de la implementación

Procedimiento

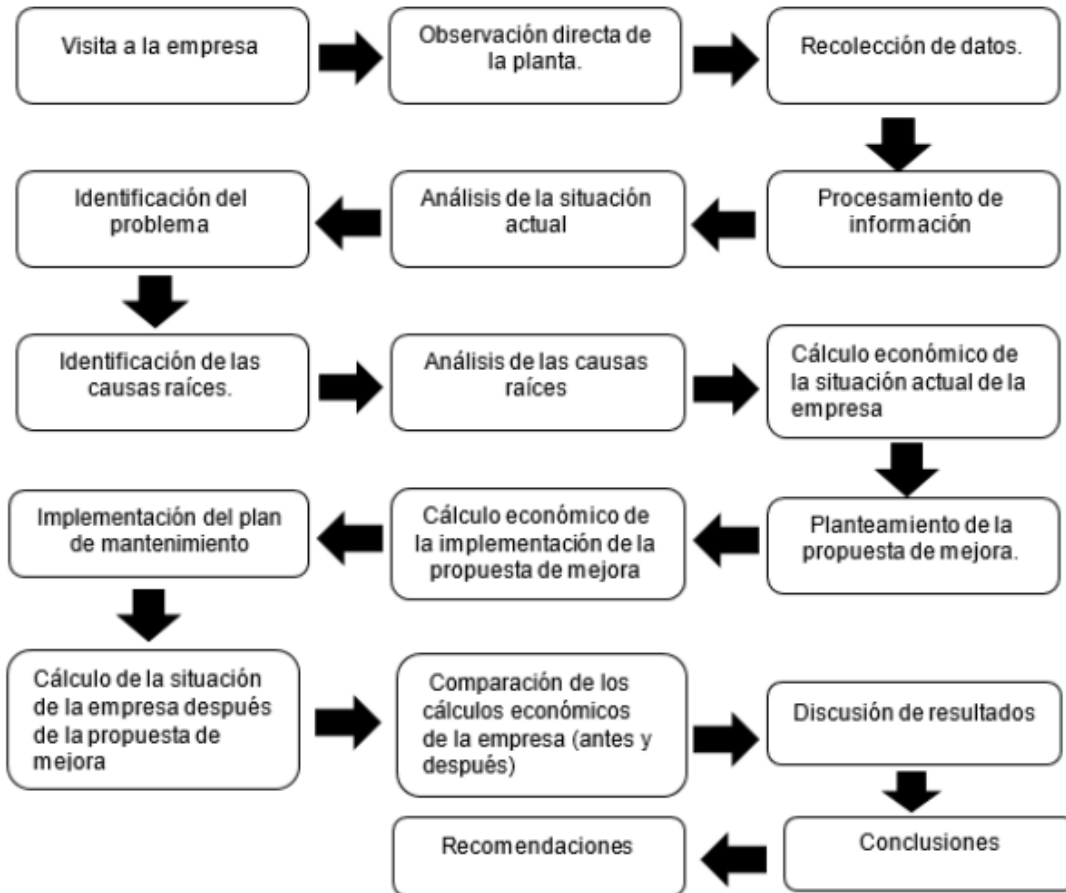


Figura 1.

Procedimiento de investigación en la planta de tratamiento de agua potable de Ascope

3.6 Método de análisis de datos

La información fue procesada utilizando hojas de cálculo de Microsoft Excel 2019 y el software estadístico SPSS versión 28, donde se sistematizaron los resultados en tablas de frecuencia y gráficos dinámicos, la preparación del informe final de tesis se realizó en Microsoft Word 2019.

Por otra parte, los métodos de análisis de datos que se utilizaron en esta investigación fueron el análisis estadístico descriptivo y el análisis ligado a las hipótesis.

El primero de ellos analizó los indicadores de la variable independiente y dependiente del presente proyecto de investigación.

Mientras que el segundo se encarga de realizar el análisis estadístico inferencial a fin de primero determinar si existe o no normalidad de los datos obtenidos de los indicadores de las variables de estudio, para luego proceder a contrastar las hipótesis de acuerdo al tipo de prueba estadística (paramétrica o no paramétrica). Finalmente, se concluye el efecto positivo o negativo de la variable independiente en la dependiente por medio del análisis de la significancia en la prueba estadística realizada.

Procedimiento de análisis de información

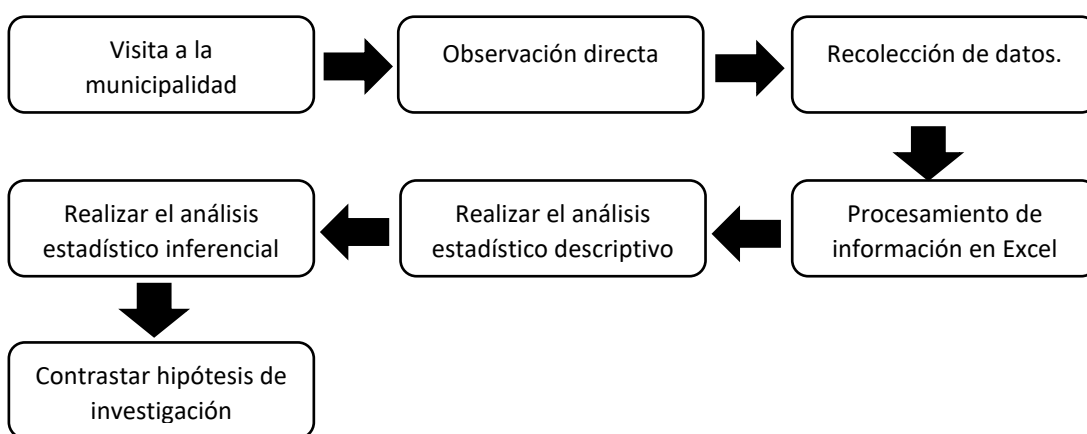


Figura 2.

Procedimiento de análisis de datos en la planta de tratamiento de agua potable municipal de Ascope.

3.7 Aspectos éticos

Se respetó la privacidad de la información obtenida durante el proceso de investigación, del mismo modo se mantuvo la confidencialidad de la información de los entrevistados, a quienes se solicitó la información estrictamente necesaria para el desarrollo de la investigación. La información registrada es verdadera y confiable. La información extraída fue debidamente citada y referenciada, respetando la propiedad intelectual de los autores. [Ver Anexo A4](#)

IV. RESULTADOS

Diagnóstico situacional de la planta de tratamiento de agua potable de Ascope

La presente investigación fue realizada en la planta de tratamiento del distrito de Ascope, departamento de La Libertad. Esta planta de tratamiento cuenta con una extensión de 1 200 m² y opera desde el año 2003. El volumen de agua que recolecta y genera esta planta es de aproximadamente 950 000 m³ anualmente. La misión de la Municipalidad es lograr mejorar la calidad de vida de los habitantes de su jurisdicción, con desarrollo económico, mejores servicios, especial atención a la educación, salud, seguridad ciudadana y medio ambiente con el fin de colocarla como una ciudad atractiva dentro de la región La Libertad. Mientras que la visión de la Municipalidad es ser una ciudad líder en el desarrollo sostenible y sustentable, promoviendo sus riquezas culturales y naturales, con el fin de generar progreso, orden, confianza y oportunidades en la gestión de recursos y servicios, impulsando desarrollo participativo en un marco de legalidad, unidad, justicia y transparencia. Los valores con los que cuenta la empresa son: respeto, lealtad, obediencia, justicia, equidad y veracidad.

Por otra parte, el caudal máximo que se logra en la planta de tratamiento de agua de Ascope es de 45.814 litros/segundos.

Ahora con respecto al número de trabajadores con los que cuenta la Municipalidad, estos son en total 60 colaboradores.

El organigrama de la Municipalidad de Ascope, muestra que está constituida por 11 gerencias.

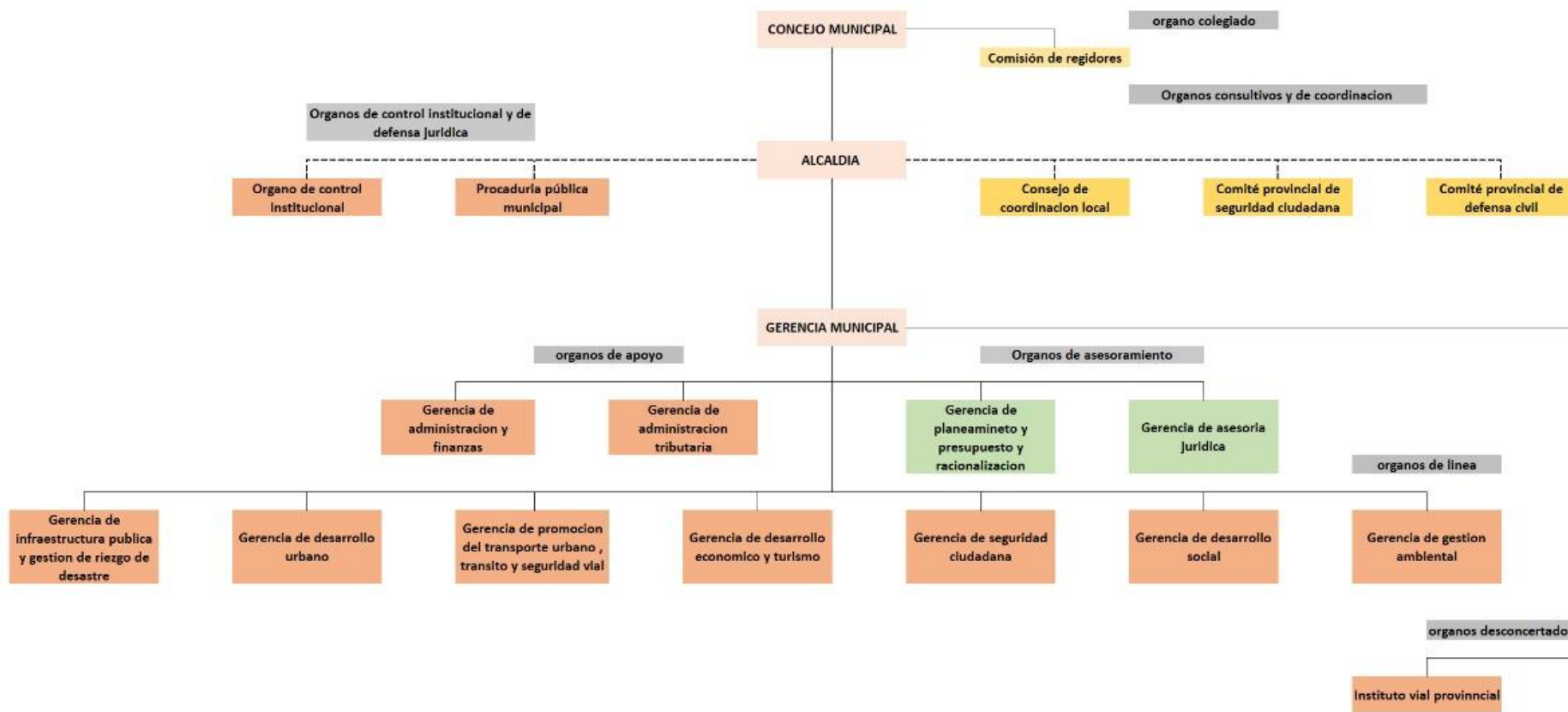


Figura 3.

Organigrama de la Municipalidad de Ascope

Fuente: Municipalidad de Ascope (2021)

El diagnóstico situacional, se analizó con la técnica de observación de la situación actual de cómo se encontraba la planta, además se pudo recabar información trascendental con respecto a las horas de paradas de las maquinas del año 2021 y número de mantenimiento correctivo del mismo año, siendo estas de gran utilidad pues permitió una visión más amplia de la situación que la planta atravesaba.

Con estos datos se pudo evidenciar que la planta no se encuentra 100% operativa producto del mal estado de las máquinas, afectando la operatividad de la planta de tratamiento de agua.

Para la operatividad como variable dependiente se investigó con la metodología de observación directa y observación experimental, revisando los datos de número de horas de parada de máquinas durante el último año. La observación directa usó como herramienta las fichas de registro de la cantidad de horas de parada antes de implementar el plan de mantenimiento. La observación experimental utilizó las mismas fichas de registro de horas de parada, después de implementar el plan de mantenimiento.

La variable independiente, plan de mantenimiento, fue analizada mediante la técnica de observación directa y la encuesta. La observación directa utilizó la guía de observación, evaluando las fases de la implementación del plan de mantenimiento. Las encuestas se realizaron aplicando un cuestionario a los trabajadores del área de tratamiento de agua de la planta de Ascope. [Ver Anexo A7](#)

A continuación, se presenta la información correspondiente a los meses de agosto, Septiembre y Octubre del año 2021 de las horas de parada de máquina en el área de tratamiento de agua.

Tabla 1.

Reporte de horas de parada de máquina en el área de tratamiento de agua durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021

Mes	Semana	Horas de parada de máquina	Costo H-M	Costo / semana
Agosto	1	32.76	24.766	811.33
	2	37.67	24.766	933.03
	3	34.40	24.766	851.90
	4	47.50	24.766	1176.43
Setiembre	1	50.78	24.766	1257.57
	2	42.59	24.766	1054.73
	3	31.12	24.766	770.77
	4	44.23	24.766	1095.30
Octubre	1	39.31	24.766	973.60
	2	36.04	24.766	892.47
Total		396.40	247.66	9817.14

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2021)

Como se muestra en la tabla 1, el número total de horas de parada de máquina durante los meses de estudio diagnóstico del año 2021 en el área de tratamiento de agua fue de 396,40 horas, lo que corresponde a un 35,39% en promedio durante estas 10 semanas entre los meses de agosto a octubre lo cual asciende a 1 120 horas de la disponibilidad de uso de las máquinas operando 16 horas diarias.

Indicador: Porcentaje de fallas por parada de máquina

$$\% \text{ de fallas} = (\text{Horas de falla} / \text{Horas de operación}) \times 100$$

$$(396.40 / 1120) \times 100 = \mathbf{35.39\%}$$

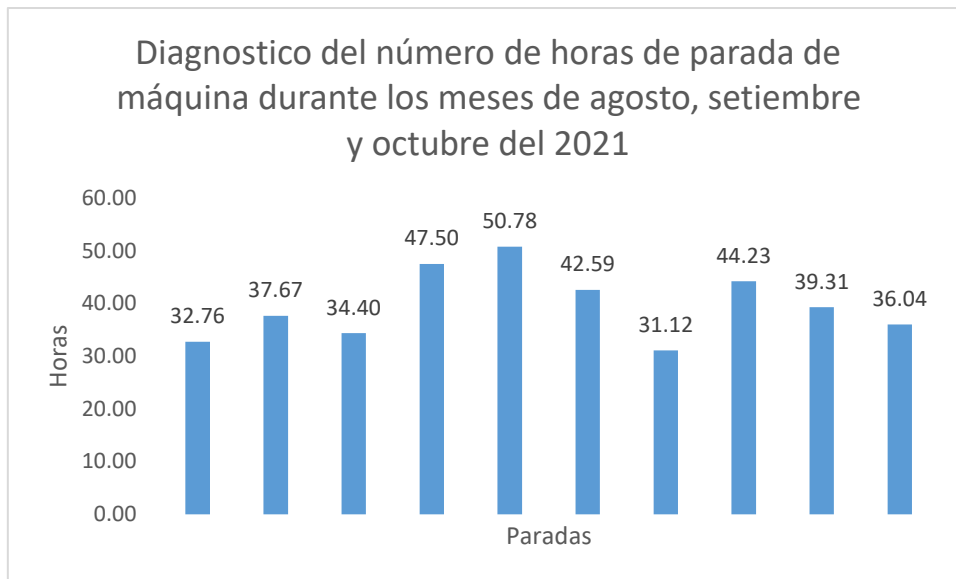


Figura 4.

Diagnóstico del número de horas de parada de máquina en el área de tratamiento de agua durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2021)

A continuación, se detalla los datos referentes al número de mantenimientos correctivos realizados durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021 por la falta de implementación del plan de mantenimiento en el área de tratamiento de agua.

Tabla 2.

Número de mantenimientos correctivos realizados a las máquinas en el área de tratamiento de agua durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021

Mes	Semana	Número de mantenimiento de máquinas	Costo del mantenimiento	Costo / semana
Agosto	1	11	275.00	3 025.00
	2	10	388.75	3 887.50
	3	11	246.25	2 708.75
	4	10	218.75	2 187.50
Setiembre	1	11	232.50	2 557.50
	2	12	275.00	3 300.00
	3	10	217.50	2 175.00
	4	10	360.00	3 600.00
Octubre	1	11	390.00	4 290.00
	2	12	332.50	3 990.00
Total		108	2936.25	31 721.25

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2021)

Como se muestra en la tabla 2, el número de mantenimiento correctivo de las máquinas en la planta de tratamiento de agua realizado por la falta de implementación de un plan de mantenimiento ascendió a 108 durante los meses de estudio diagnóstico del año 2021, lo que corresponde a un 72% en promedio durante estos tres meses de acciones correctivas a las máquinas.

Indicador: Porcentaje de mantenimientos por hora de operación

$$\begin{aligned} \% \text{ de mantenimientos} &= (\text{Número de mantenimientos} / \text{Horas de operación}) \times 100 \\ &= (108 / 1120) \times 100 = \mathbf{9.64\%} \end{aligned}$$

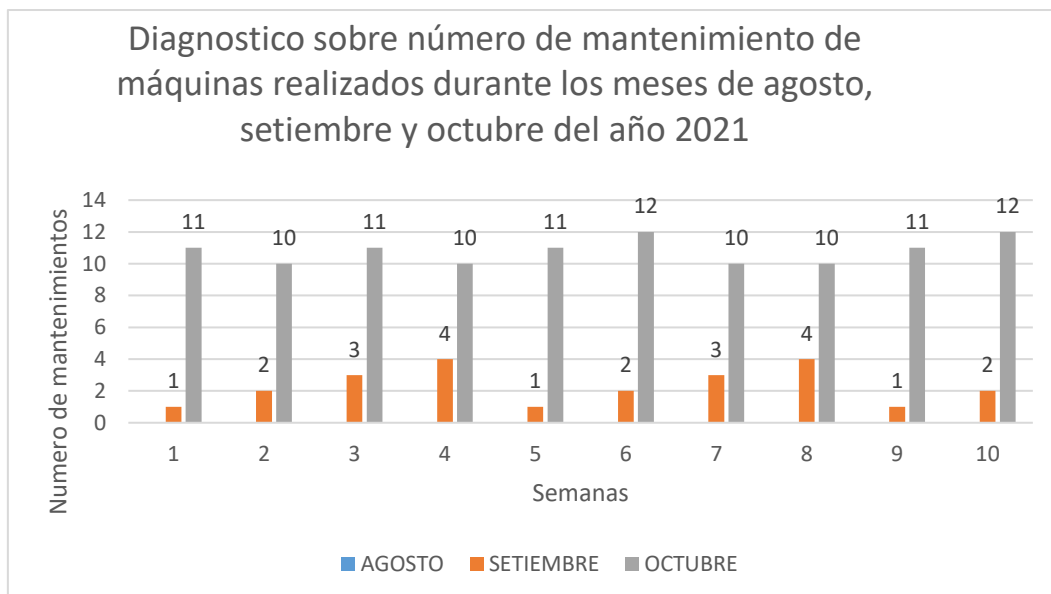


Figura 5.

Diagnóstico del número de mantenimiento de máquinas en el área de tratamiento de agua durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2021)

Indicador: AMEF y Criticidad

Tabla 3.

Análisis de Modo Efecto de Falla “AMEF” y el número prioritario de riesgo “NPR” y Análisis de Criticidad del proceso

Objeto del análisis: Plan de mantenimiento de la planta de tratamiento de agua municipal de Ascope										
Elaborado por: D'Angelo Caballero, Rodrigo Chávez Terrones, Karen							Revisado por:			
Ítem	Operación	Modo de falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de falla	Ocurrencia	Control actual	Detección	NPR S*O *D	Análisis de Criticidad F*C
1	Sistema eléctrico	corto circuito	Incendio	10	Talleres NO calificados	3	Plan mantenimiento	5	150	30
2	Bomba de agua centrífuga	Válvula chek fallando	No bombera agua	8	Obstrucción por partículas	5	Revisión de columna de succión	6	240	40

3	Bomba horizontal de lodo	Obstrucción de la bomba	Aguas turbias	9	Lodos muy densos	4	Análisis densidad de lodo	5	180	36
4	Electrobomba	No funciona	Desabastecimiento de agua	6	Fallas fusibles	5	Revisión tablero de control	4	120	30
	Inspección de los dispositivos de seguridad	Planta paralizada	Desabastecimiento de agua	6	Dispositivos fallados	3	Revisión de panel de seguridad	4	72	18
	Puerta y cubierta de seguridad	Atascamiento	Poco abastecimiento de agua	5	Falta de limpieza y mantenimiento	6	Mantenimiento	5	150	30
	Dispositivos de seguridad mecánicos		Poco abastecimiento de agua	5	Falta de limpieza y mantenimiento	6	Mantenimiento	5	150	30
	Botón de paro de emergencia		Poco abastecimiento de agua	5	Falta de limpieza y mantenimiento	6	Mantenimiento	4	120	30
	Inspección visual de la parte de conexión a pozo tierra	Paralización de bombas	corto circuito	5	Talleres NO calificados	7	Plan mantenimiento	3	105	35
	Revisar el engranaje de la máquina	Paralización de bombas	desabastecimiento	5	Talleres NO calificados	7	Plan mantenimiento	4	140	35
	Revisar	Paralización de	desabastecimiento	5	Talleres NO	7	Plan mantenimi	4	140	35

	la polea de velocidad de la máquina	bombas			calificados		ento			
	Revisar la rueda alimentadora de la máquina	Paralización de bombas	desabastecimiento	5	Talleres NO calificados	7	Plan mantenimiento	4	140	35
	Revisar el cabezal de la máquina	Paralización de bombas	desabastecimiento	5	Talleres NO calificados	7	Plan mantenimiento	4	140	35
	Revisar que la placa de la máquina este bien	Paralización de bombas	desabastecimiento	5	Talleres NO calificados	7	Plan mantenimiento	4	140	35

Fuente: Elaboración propia Ref: AMEF (Salazar, 2019), NPR (Larrea, 2020)

Indicador: Tiempo usado

$(N^\circ \text{ de horas trabajadas} / N^\circ \text{ de horas disponibles}) * 100$

$(N^\circ \text{ de horas Disponibles} - N^\circ \text{ horas perdidas}) / N^\circ \text{ horas disponibles} * 100$

$((1120 \text{ horas} - 396.40 \text{ horas}) / 1120 \text{ horas}) * 100 =$

Tiempo usado = **64.61%**

Indicador: Horas producción de máquina

$(N^\circ \text{ de horas trabajadas} / N^\circ \text{ de máquinas})$

$(723 \text{ horas trabajadas} / 3 \text{ máquinas})$

Horas producción maquina = **241 horas/máquina**

Indicador: Tiempo perdido

$(N^{\circ} \text{ de horas perdidas} / N^{\circ} \text{ de horas disponibles}) * 100$

$(396.4 \text{ horas} / 1120 \text{ horas}) * 100$

Tiempo perdido= 35.39%

Diseñar o elaborar un plan de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope

Para lograr que la operatividad de las máquinas aumente en la planta de tratamiento de agua se empleó el plan de mantenimiento cuya técnica permite optimizar el rendimiento, disponibilidad, tiempo de operatividad y mantenibilidad de las máquinas. Para lograrlo fue necesario realizar cambios, desarrollar sus operaciones de modo adecuado buscando competitividad y eficiencia en el sector.

No se encontró en la empresa información histórica referente a la implementación de un plan de mantenimiento con el fin de incrementar la operatividad de sus máquinas, por lo que no se cuenta con la totalidad de los datos.

La aplicación del plan de mantenimiento tuvo como objetivo implementar diferentes estrategias de mejora buscando la optimización las operaciones y alcanzar un nivel eficiente y competitivo en el sector.

Para mejorar el rendimiento, mantenimiento, confiabilidad y disponibilidad de las máquinas en la empresa se propuso la utilización de diferentes formatos para la implementación del plan de mantenimiento en la empresa.

El plan de mantenimiento se compone de diferentes etapas de implementación y de la utilización de diversos formatos para poder controlar los equipos de la empresa. A continuación, se muestra los pasos seguidos en la implementación del plan de mantenimiento.

PLAN DE MANTENIMIENTO

Introducción

El Plan de mantenimiento, fue un instrumento formulado e implementado por el supervisor del área de mantenimiento de la planta, cuyo propósito consistió en planear y establecer el programa a cumplir cada año, evaluando y mejorando la eficiencia y rendimiento de las máquinas dentro de la planta de tratamiento de agua potable de Ascope. Para la elaboración del Plan de mantenimiento, se incluyeron los objetivos, presupuesto, maquinarias y equipo, la revisión del mantenimiento previo, la consulta de manuales previos, obligaciones legales, designación de los responsables, selección del tipo de mantenimiento a realizar, ejecutar las tareas del plan y revisión del plan de mantenimiento.

Objetivos

Los objetivos fueron:

- Minimizar las acciones correctivas en un 70%
- Reducir los gastos por mantenimiento y reparaciones en un 30%
- Aumentar la disponibilidad de la maquinaria en un 60%
- Alargar la vida útil de los equipos en un 30%
- Reducir los riesgos de accidentes laborales en un 50%

Presupuesto

El presupuesto para la elaboración del plan estuvo dividido en 80% mantenimiento preventivo y 20% mantenimiento correctivo.

Maquinarias empleadas

En la tabla 4 presentamos el inventario de equipos implementados y utilizados en la planta de tratamiento de agua

Tabla 4.
Número de equipos en la planta de tratamiento

TIPO	OPERATIVO	STAND BY	TOTAL
Bomba de agua centrífuga	1	2	3
Bomba horizontal de lodo	1	2	3
Electrobomba	1	2	3
TOTAL	3	6	9

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2021)

Revisión los mantenimientos previos realizados

A continuación, se muestra la descripción de las actividades de mantenimiento realizado a los equipos de la planta de tratamiento de agua municipal de Ascope.

[Ver Anexo A14](#)

Consulta de los manuales de los equipos

Al ser equipos con vida útil limitada fue necesario consultar y recomendar revisar periódicamente los manuales de los fabricantes a fin de conocer el tipo de aceite que usa cada equipo, las medidas de seguridad y la periodicidad de revisión de cada equipo. [Ver Anexo A10](#)

Obligaciones legales

Se recomendó tener en consideración la normativa legal peruana a fin de poder evitar accidentes laborales dentro de la planta de tratamiento de agua de Ascope. Algunas de estas normativas fueron la ley de prevención de riesgos laborales, ley de equipos de trabajo, ley de mantenimiento de equipos industriales, etc.

Designación de responsables

Se recomendó designar a los responsables del área y de cada procedimiento los cuales fueron:

Gerente General: verificar que el presente plan de mantenimiento se lleve a cabo.

Supervisor de mantenimiento: dar las pautas necesarias para el cumplimiento del presente plan de mantenimiento.

Jefe de mantenimiento: dar el apoyo necesario para el cumplimiento de los objetivos del plan de mantenimiento.

Operarios de mantenimiento: dar mantenimiento a los equipos cuando sean necesarios e informar de fallas al supervisor.

Tipo de mantenimiento propuesto y planificado

Para el presente trabajo de investigación se planteó un mantenimiento centrado en la confiabilidad para lo cual se utilizó diferentes formatos como los que se muestran a continuación. [Ver Anexo A15](#)

Tabla 5.
Descripción del horario de mantenimiento centrado en la confiabilidad de las bombas de agua centrífuga

N° Actividad	Clave	Descripción	Tiempo (hr)/ actividad	Veces al año	Horas al año	Personal a cargo
1	A =	Inspección de los dispositivos de seguridad	0.17	300	51	Operario
2	B =	Puerta y cubierta de seguridad	0.25	300	75	Operario
3	C =	Dispositivos de seguridad mecánicos	0.25	300	75	Operario
4	D=	Botón de paro de emergencia	0.08	300	25	Operario
5	E=	Inspección visual de la parte de conexión a pozo tierra	0.15	12	1.80	Operador
6	F=	Inspección de ruidos anormales	0.15	300	45	Operador
7	G=	Revisar el engranaje de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
8	H=	Revisar la polea de velocidad de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
9	I=	Revisar la rueda alimentadora de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
10	J=	Revisar el cabezal de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
11	K=	Revisar que la placa de la máquina este bien	0.15	12	1.80	Técnico

La tabla N° 5 muestra las horas de mantenimiento centrado en la confiabilidad de las bombas centrífugas el cual asciende en total 281,80 horas.

Tabla 6.
Descripción del horario de mantenimiento centrado en la confiabilidad de la bomba horizontal de lodo

N° Actividad	Clave	Descripción	Tiempo (hr)/ actividad	Veces al año	Horas al año	Personal a cargo
1	A =	Inspección de los dispositivos de seguridad	0.17	300	51	Operario
2	B =	Puerta y cubierta de seguridad	0.25	300	75	Operario
3	C =	Dispositivos de seguridad mecánicos	0.25	300	75	Operario
4	D=	Botón de paro de emergencia	0.08	300	25	Operario
5	E=	Nivel de aceite de la máquina	0.08	300	25	Operario
6	F=	Aplicación de la lubricación	0.75	4	3	Técnico
7	G=	Revisión de fugas de aceite	0.33	12	4	Técnico
8	H=	Inspección visual de la parte de conexión a pozo tierra	0.15	12	1.80	Operador
9	I=	Inspección de ruidos anormales	0.15	300	45	Operador
10	J=	Revisar el engranaje de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
11	K=	Revisar la polea de velocidad de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
12	L=	Revisar la rueda alimentadora de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
13	M=	Revisar el cabezal de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
14	N=	Revisar que la placa de la máquina este bien	0.15	12	1.80	Técnico

La tabla N° 6 muestra las horas de mantenimiento centrado en la confiabilidad de la bomba horizontal de lodo, el cual asciende a 313.80 horas.

Tabla 7.
Descripción del horario de mantenimiento centrado en la confiabilidad de la electrobomba

N° Actividad	Clave	Descripción	Tiempo (hr)/ actividad	Veces al año	Horas al año	Personal a cargo
1	A =	Inspección de los dispositivos de seguridad	0.17	300	51	Operario
2	B =	Puerta y cubierta de seguridad	0.25	300	75	Operario
3	C =	Dispositivos de seguridad mecánicos	0.25	300	75	Operario
4	D=	Botón de paro de emergencia	0.08	300	25	Operario
5	E=	Nivel de aceite de la máquina	0.08	300	25	Operario
6	F=	Aplicación de la lubricación	0.75	4	3	Técnico
7	G=	Revisión de fugas de aceite	0.33	12	4	Técnico
8	H=	Inspección visual de la parte de conexión a pozo tierra	0.15	12	1.80	Operador
9	I=	Inspección de ruidos anormales	0.15	300	45	Operador
10	J=	Revisar el engranaje de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
11	K=	Revisar la polea de velocidad de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
12	L=	Revisar la rueda alimentadora de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
13	M=	Revisar el cabezal de la máquina	0.15	12	1.80	Técnico
14	N=	Revisar que la placa de la máquina este bien	0.15	12	1.80	Técnico

La tabla 7 muestra las horas de mantenimiento de mantenimiento centrado en la confiabilidad de la electrobomba la cual asciende a 313.80

Ejecución de las tareas del plan

El Supervisor del área de mantenimiento, elaboró el plan de mantenimiento

En primera instancia se realizó la selección del equipo encargado de elaborar el plan de mantenimiento, cuyos integrantes cumplieron con las siguientes características:

Dominio del tema.

Pro actividad.

Facilidad de palabra.

Saber escuchar y ser paciente.

Objetivo.

Minucioso en las evidencias presentadas.

La programación del día y horas de la elaboración del plan de mantenimiento fueron coordinados con el responsable del área y se registró en el plan de mantenimiento.

El plan de mantenimiento se inició con una reunión de apertura en la cual dio partida oficialmente al programa de mantenimiento dentro de la empresa y se explicó la mecánica a desarrollar.

Culminada la reunión, se desarrollaron los planteamientos y objetivos a alcanzar en el plan de mantenimiento.

El equipo destinado a elaborar el plan de mantenimiento evaluó los equipos del área a fin de encontrar evidencia suficiente para la realización de un programa de mantenimiento.

Si el resultado del programa de mantenimiento previsto en el plan de mantenimiento anual requiere de acciones correctivas y/o preventivas se adjuntarán al informe las respectivas solicitudes de acción, según el procedimiento respectivo.

La Gerencia General puede decidir que el programa de mantenimiento sea realizado por un tercero para lo cual deberá demostrar su competencia y cumplir este procedimiento.

La toma de medidas correctivas, se deben realizar después de analizar principales fuentes:

Reclamos y sugerencias de los clientes.

Las no conformidades del sistema (sean o no detectadas en el plan de mantenimiento).

Las razones para implementar operaciones preventivas son las siguientes:

Ocurrencia de sucesos, hechos o situaciones impropias de elevado potencial.

Las actividades no conformes descubiertas durante las inspecciones frecuentes, controles, etc.

Después de haber implementado el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, se procedió a analizar la variación en el número de mantenimientos correctivos realizados y el número de horas paradas de las máquinas. Por otra parte, se evaluó los indicadores del plan de mantenimiento basado en la

confiabilidad. A continuación, se muestran los resultados concernientes a ambas variables de estudio.

Ejecutar el plan de mantenimiento para la planta de agua potable de la municipalidad de Ascope

Tabla 8.

Reporte de horas de parada de máquina post implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en el área de tratamiento de agua durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022

Mes	Semana	Horas de parada de máquina	Costo H-M	Costo / semana
Febrero	1	13.10	24.766	324.53
	2	15.07	24.766	373.21
	3	13.76	24.766	340.76
	4	19.00	24.766	470.57
Marzo	1	20.31	24.766	503.03
	2	17.04	24.766	421.89
	3	12.45	24.766	308.31
	4	17.69	24.766	438.12
Abril	1	15.72	24.766	389.44
	2	14.41	24.766	356.99
Total		159.00	247.66	3 926.86

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2022)

Como se muestra en la tabla N° 8, el número total de horas de parada de máquina durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022 se redujo a 159. Esta reducción fue de 237,40 horas de parada de máquina lo que equivale a un 59,89%, esto permitió mejorar la disponibilidad de uso de las máquinas y se logró gracias a la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en el área de tratamiento de agua, lo cual permitió disminuir el costo

de mantenimiento en la planta de tratamiento de Ascope.

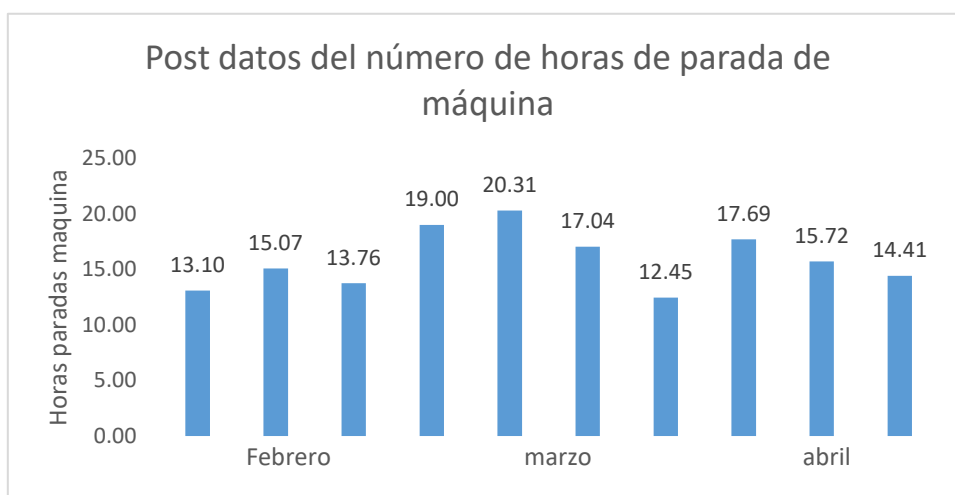


Figura 6.

Post datos del número de horas de parada de máquina en el área de tratamiento de agua durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022

Indicador: Porcentaje de fallas por parada de máquina

$$\% \text{ de fallas} = (\text{Horas de falla} / \text{Horas de operación}) \times 100$$

$$(159.00 / 1120) \times 100 = 14.20\%$$

Tabla 9.

Número de mantenimientos correctivos realizados a las máquinas en el área de tratamiento de agua durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022

Mes	Semana	Número de mantenimiento de máquinas	Costo del mantenimiento	Costo / semana
Febrero	1	4	100.00	400.00
	2	3	116.63	349.88
	3	4	89.55	358.18
	4	3	65.63	196.88
Marzo	1	4	84.55	338.18
	2	4	91.67	366.67
	3	3	65.25	195.75
	4	3	108.00	324.00
Abril	1	4	141.82	567.27
	2	4	110.83	443.33
Total		36	973.91	3540.14

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2022)

Como se muestra en la tabla N° 9, el número de mantenimientos correctivos durante el año 2022 se redujo a 36. Esta reducción en el número de mantenimientos correctivos fue de 72 horas lo que equivale a una reducción 66,67%, esta reducción en las acciones correctivas de las máquinas se logró gracias a la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en el área de tratamiento de agua, lo cual permitió disminuir el costo por mantenimiento en la planta de tratamiento de Ascope.

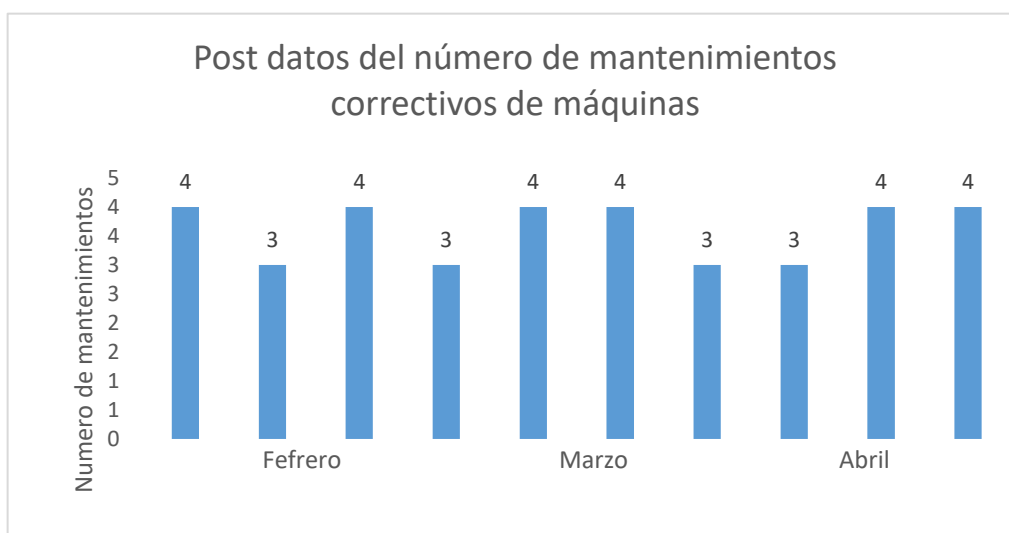


Figura 7.

Post datos del número de mantenimientos correctivos de máquinas en el área de tratamiento de agua durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022

Indicador: Porcentaje de mantenimientos por hora de operación

$$\begin{aligned} \% \text{ de mantenimientos} &= (\text{Número de mantenimientos} / \text{Horas de operación}) \times 100 \\ &= (36 / 1120) \times 100 = \mathbf{3.21\%} \end{aligned}$$

Después de haber demostrado que con la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad el número de mantenimientos correctivos se logró reducir, se presentó el cronograma de ejecución con cada una de las actividades a realizar durante este proyecto. [Ver Anexo A16](#)

Evaluar el efecto de la implementación del plan de mantenimiento en la operatividad de la planta de agua potable de la municipalidad de Ascope

En las siguientes tablas se muestra la comparación de los resultados obtenidos pre y post aplicación del plan de mantenimiento, durante los meses evaluados.

Tabla 10.
Comparación pre y post en horas máquina y costos

Comparación		Pre		Post		
Meses	Semana	Horas de parada de máquina	Costo / semana	Horas de parada de máquina	Costo H-M	Costo / semana
Agosto/Febrero	1	32.76	811.33	13.10	24.766	324.53
	2	37.67	933.03	15.07	24.766	373.21
	3	34.40	851.90	13.76	24.766	340.76
	4	47.50	1176.43	19.00	24.766	470.57
Setiembre/Marzo	1	50.78	1257.57	20.31	24.766	503.03
	2	42.59	1054.73	17.04	24.766	421.89
	3	31.12	770.77	12.45	24.766	308.31
	4	44.23	1095.30	17.69	24.766	438.12
Octubre/Abril	1	39.31	973.60	15.72	24.766	389.44
	2	36.04	892.47	14.41	24.766	356.99
Total		396.40	9817.14	159.00	247.66	3 926.86

Fuente: Elaboración propia

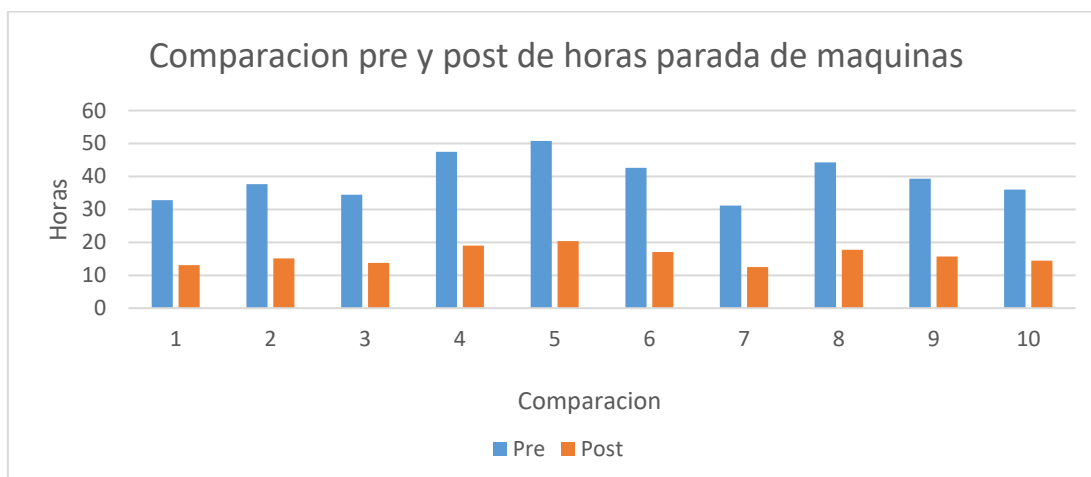


Figura 8.

Comparación pre y post de horas parada de máquinas.

Compara y muestra las horas de parada de máquina, así como el impacto en la planta de tratamiento de agua municipal de Ascope, antes y después de la aplicación del plan de mantenimiento, durante los meses de agosto/febrero, septiembre/marzo y octubre/abril de los años 2021/2022 respectivamente.

Tabla 11.

Comparación pre y post del número de mantenimientos realizados y sus costos.

Comparación		Pre		Post	
Meses	Semana	Número de mantenimiento de máquinas	Costo / semana	Número de mantenimiento de máquinas	Costo / semana
Agosto/Febrero	1	11	3 025.00	4	400.00
	2	10	3 887.50	3	349.88
	3	11	2 708.75	4	358.18
	4	10	2 187.50	3	196.88
Setiembre/Marzo	1	11	2 557.50	4	338.18
	2	12	3 300.00	4	366.67
	3	10	2 175.00	3	195.75
	4	10	3 600.00	3	324.00
Octubre/Abril	1	11	4 290.00	4	567.27
	2	12	3 990.00	4	443.33
Total		108	31 721.25	36	3540.15

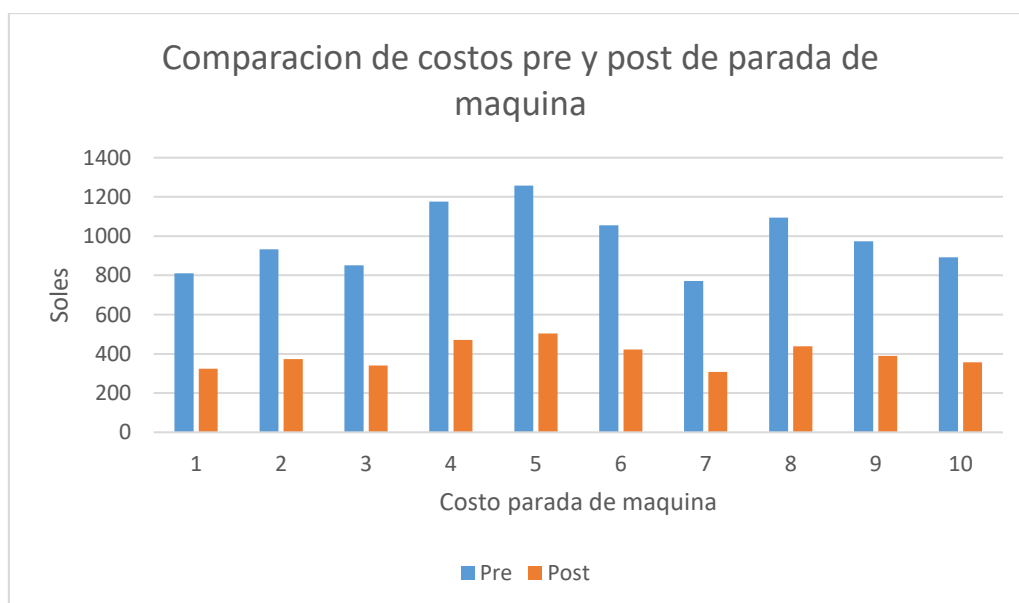


Figura 9.

Comparación de costos pre y post de parada de maquina

Compara y muestra el costo que ocasiona la parada de máquina, así como el impacto económico en la planta de tratamiento de agua municipal de Ascope, antes y después de la aplicación del plan de mantenimiento, durante los meses de agosto/febrero, septiembre/marzo y octubre/abril de los años 2021/2022 respectivamente.

Tabla 12.

Determinación del efecto de la ejecución del plan de mejora en número de mantenimientos máquina.

Meses	Semana	Número de mantenimiento de máquinas	Número de mantenimiento de máquinas	Reducción de numero de mantenimiento de maquina (%)
Agosto/Febrero	1	11	4	63.64
	2	10	3	70.00
	3	11	4	63.64
	4	10	3	70.00
Setiembre/Marzo	1	11	4	63.64
	2	12	4	66.67
	3	10	3	70.00
	4	10	3	70.00
Octubre/Abril	1	11	4	63.63
	2	12	4	66.67
Total		108	36	66.67

En la tabla 12 se observa la comparación de mantenimientos, pre y post a la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, el porcentaje de disminución es del 66.67%.

Tabla 13.

Determinación del efecto de la ejecución del plan de mejora en el costo de mantenimientos máquina.

Comparación		Pre		Post		
Meses	Semana	Número de mantenimientos de máquinas	Costo / semana (S/)	Número de mantenimientos de máquinas	Costo / semana (S/)	Disminución de costo (S/)
Agosto/Febrero	1	11	3 025.00	4	400.00	2,625
	2	10	3 887.50	3	349.88	3,537.62
	3	11	2 708.75	4	358.18	2,350.57
	4	10	2 187.50	3	196.88	1,990.62
Setiembre/Marzo	1	11	2 557.50	4	338.18	2,219.32
	2	12	3 300.00	4	366.67	2,933.33
	3	10	2 175.00	3	195.75	1,979.25
	4	10	3 600.00	3	324.00	3,276.00
Octubre/Abril	1	11	4 290.00	4	567.27	3,722.73
	2	12	3 990.00	4	443.33	3,546.67
Total		108	31,721.25	36	3,540.15	28,181.10

En la tabla 13 se observa la disminución del costo en mantenimiento después de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, el cual asciende a S/ 28,181.10 que representa una disminución del costo de un 88.84%.

Indicador: Tiempo usado

$$(N^{\circ} \text{ de horas trabajadas} / N^{\circ} \text{ de horas disponibles}) * 100$$

$$(N^{\circ} \text{ de horas Disponibles} - N^{\circ} \text{ horas perdidas}) / N^{\circ} \text{ horas disponibles} * 100$$

$$((1120 \text{ horas} - 159.00 \text{ horas}) / 1120 \text{ horas}) * 100 =$$

$$\text{Tiempo usado} = \mathbf{85.80\%}$$

Indicador: Horas producción de máquina

$$(N^{\circ} \text{ de horas trabajadas} / N^{\circ} \text{ de máquinas})$$

$$(961 \text{ horas trabajadas} / 3 \text{ máquinas})$$

$$\text{Horas producción máquina} = \mathbf{320.3 \text{ horas/maquina}}$$

Indicador: Tiempo perdido

$$(N^{\circ} \text{ de horas perdidas} / N^{\circ} \text{ de horas disponibles}) * 100$$

$$(159.0 \text{ horas} / 1120 \text{ horas}) * 100$$

Tiempo perdido= 14.20%

Tabla 14.

Comparación de los indicadores antes y después de la implementación del Plan de Mantenimiento

<i>Indicadores</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
<i>Fallas</i>	35.39%	14.00%
<i>Mantenimiento</i>	9.64%	3.21%
<i>Tiempo usado</i>	64.61%	85.80%
<i>Producción h/maq</i>	241.0	320.3
<i>Tiempo perdido</i>	35.39%	14.20%

Datos económicos obtenidos por el efecto de la implementación mediante una programación del plan de mantenimiento en la planta de agua potable

Por otra parte, el análisis económico financiero se utilizó para poder determinar si es rentable para la planta de tratamiento. A continuación, se muestran el programa de mantenimiento, los costos asociados a las horas de parada de la máquina y el costo por el mantenimiento de las máquinas de la planta de tratamiento de agua de Ascope.

Tabla 15.

Programación de mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable de Ascope: Febrero, marzo y abril 2022.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Responsable	Nombres de los recursos	Costo
Programa de mantenimiento	163 días	sab 1/01/22	sab 30/04/22			S/17,236.88
Agenda	14 días	jue 1/01/22	sab 15/01/22			S/1,975.00
Lista de actividades a realizar durante el programa de mantenimiento	50 horas	sab 1/01/22	sab 8/01/22	Supervisor de mantenimiento		S/1,475.00
Compras de grasa y repuestos para máquinas de la planta	50 horas	sab 8/01/21	sab 15/01/22	Supervisor de mantenimiento	1 caja de 12 unidades aceite y 2 piezas para las bombas	S/500.00
Materiales requeridos	14 días	sab 15/01/22	dom 30/01/22			S/2,200.00
Evaluación de los materiales necesarios para brindar el mantenimiento	50 horas	sab 15/01/22	lun 31/01/22	Asistente de mantenimiento		S/1,000.00
Compras de grasa y repuestos para máquinas de la planta	50 horas	mar 1/02/22	lun 8/02/22	Asistente de mantenimiento	1 caja de 12 unidades grasa y 2 piezas para las bombas	S/1,200.00
Presupuesto	15 días	mar 8/02/22	mier 23/02/22			S/2,500.00
Evaluación del presupuesto destinado para el mantenimiento de equipos	100 horas	mar 8/02/22	mier 23/02/22	Jefe de mantenimiento		S/2,500.00
Fin de la etapa de preparación	0 horas	mier 23/02/22	mier 23/02/22	Jefe de mantenimiento		S/0.00
Mantenimiento semanal	34 días	vier 25/02/22	vie 05/04/22			S/2,213.75
Inspección de ruidos anormales	40 horas	vier 25/02/22	mier 02/03/22	Operario de mantenimiento		S/275.00
Inspección de los dispositivos de seguridad	40 horas	mier 02/03/22	sab 5/03/22	Operario de mantenimiento		S/388.75
Revisar la bomba de las máquinas	40 horas	sab 5/03/22	jue 10/03/22	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa, desarmador y aceite lubricante	S/246.25
Revisar la polea de velocidad de la máquina	40 horas	jue 10/03/22	mar 15/03/22	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa, desarmador	S/218.75

					y aceite lubricante	
Revisar el funcionamiento del botón de paro de emergencia	40 horas	mar 15/03/22	lun 20/03/22	Operario de mantenimiento		S/232.50
Revisar que la placa de la bomba de agua este bien	40 horas	lun 20/03/22	sab 25/03/22	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa y desarmador	S/275.00
Revisar el rotor de la bomba de agua	40 horas	sab 25/03/22	vier 30/03/22	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa y desarmador	S/217.50
Revisar el ventilador de la bomba de agua	40 horas	vier 30/03/22	mar 5/04/22	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa y desarmador	S/360.00
Mantenimiento mensual	45 días	mar 5/04/22	jue 19/05/22			S/2,348.13
Mes 1 - Mantenimiento de la bomba de agua centrífuga	80 horas	jue 5/05/22	lun 9/05/22	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa, desarmador, aceite lubricante y rotor nuevo	S/722.50
Mes 2 - Mantenimiento de la bomba horizontal de lodo	80 horas	sáb 20/05/22	dom 24/05/22	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa, desarmador, aceite lubricante y ventilador nuevo	S/794.75
Mes 3 - Mantenimiento de la electrobomba	80 horas	dom 4/05/22	lun 19/05/22	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa, desarmador, aceite lubricante y placa nueva	S/830.88
Emergencias	15 días	lun 19/05/22	sab 4/06/22			S/2,500.00
Soluciones paso a paso de las paradas de máquina	80 horas	lun 19/05/22	sab 4/06/22	Supervisor de mantenimiento		S/2,500.00
Resultados finales	26 días	sab 4/06/22	jue 30/06/22			S/3,500.00
Problemas resueltos de las máquinas de la planta	120 horas	sab 4/06/22	vier 17/06/22	Asistente de mantenimiento		S/2,500.00
Problemas no resueltos de las máquinas de la planta	200 horas	vier 17/06/22	jue 30/06/22	Asistente de mantenimiento		S/1,000.00
Chequeo del porcentaje de problemas solucionados	0 horas	jue 30/06/22	jue 30/06/22	Asistente de mantenimiento		S/0.00

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2022)

Operatividad.- Característica que posee una máquina o equipo para rendir adecuadamente para mantener niveles de producción adecuados y que permite lograr las tasas de producción requeridas por la empresa (González et al. 2018)

Disponibilidad

Los equipos están considerados para trabajar dos turnos de 8 horas cada turno durante el año, de 360 días, haciendo un total de 5,760 horas anuales por día. El tiempo de ejecución se considera el tiempo de operación de las maquinarias, considerando una pérdida de 45 minutos durante el mantenimiento o cambio de la bomba centrífuga, 60 minutos durante la operación o cambio de la bomba horizontal de lodos y 60 minutos durante el mantenimiento o cambio de la electrobomba, haciendo un total de horas perdidas por el tiempo de ejecución u operación por turno de 2,75 horas/día; durante los 360 días al año haciendo un total de 990 horas perdidas. El tiempo de operación de las máquinas durante el año asciende a 4,770 horas.

$$\begin{aligned} \text{Disponibilidad} &= (\text{Tiempo de operación}) / (\text{tiempo de operación} + \text{tiempo perdido}) \\ &= (4,770 \text{ horas} / 5,760 \text{ horas}) \times 100 = 82.81\% \end{aligned}$$

Rendimiento o eficiencia

El rendimiento de los equipos, está considerado como la relación entre velocidad nominal de los equipos y la velocidad actual de operación. La velocidad de operación de las máquinas en la planta de tratamiento de agua está considerada como el caudal (Volumen/tiempo).

Número de máquinas operativas

(Tiempo de operación * demanda anual / N° total de horas disponibles al año)

$$4,770 \text{ horas} * 3 / 5,760 \text{ horas} = 2.484 \text{ máquinas operativas}$$

Mantenibilidad

Productividad de la máquina

$$= \text{Eficiencia} * \text{Calidad}$$

La calidad, definida como la relación entre el caudal nominal y el caudal de salida durante la operación

Calidad =

Tiempo medio de reparación – MTTR (Mean Time to Repair: Tiempo Medio de Reparación).

Tiempo promedio que se demora en reparar un equipo.

El tiempo total de mantenimiento centrado en la confiabilidad son 281.80 horas para la bomba centrífuga, 313.80 horas para la bomba horizontal de lodo y 313.80 horas para la electrobomba, como se puede observar en las tablas N° 5, 6 y 7. Lo cual hace un total 909.40 horas de mantenimiento al año.

=Tiempo total de mantenimiento / número de reparaciones

$$MTTR = 909.40 \text{ horas} / 1,572 \text{ reparaciones} = 0.5785 \text{ h/r}$$

TMO

=Tiempo operativo total / Cantidad de unidades producidas

$$= 4,770 \text{ horas} / 950,000 \text{ m}^3$$

$$= 0.005 \text{ horas/m}^3$$

$$= 18.07 \text{ seg} / \text{m}^3$$

$$= 55.5 \text{ litros/seg}$$

Confiabilidad:

Definida como la capacidad de una máquina de operar sin fallas durante un periodo de tiempo. Esta capacidad está relacionada con su estado de conservación, las condiciones en las que está trabajando, su diseño, la calidad de sus elementos, entre otros.

Tiempo medio entre fallas - MTBF

(Tiempo total disponibles – Tiempo inactivo) / Número de paradas

$$= 4,770 \text{ horas} / 1,572 \text{ reparaciones}$$

$$= 3.03 \text{ horas} / \text{reparación}$$

Disponibilidad:

$$\begin{aligned} & \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \\ & = 3.03 \text{ horas} / (3.03 \text{ horas} + 0.5785 \text{ h/r}) \\ & = 0.833 \end{aligned}$$

Tabla 16.
Datos presupuestados de las máquinas de la planta de tratamiento de agua
– horas de parada de máquina

Costos pre				
Mes	Semana	Horas de parada de máquina	Costo H-M	Costo / semana
Agosto	1	32.76	24.766	811.33
	2	37.67	24.766	933.03
	3	34.40	24.766	851.90
	4	47.50	24.766	1176.43
Setiembre	1	50.78	24.766	1257.57
	2	42.59	24.766	1054.73
	3	31.12	24.766	770.77
	4	44.23	24.766	1095.30
Octubre	1	39.31	24.766	973.60
	2	36.04	24.766	892.47
Total		396.40	247.66	9 817.14
Costos post				
Mes	Semana	Horas de parada de máquina	Costo H-M	Costo / semana
Febrero	1	13.10	24.766	324.53
	2	15.07	24.766	373.21
	3	13.76	24.766	340.76
	4	19.00	24.766	470.57
Marzo	1	20.31	24.766	503.03
	2	17.04	24.766	421.89
	3	12.45	24.766	308.31
	4	17.69	24.766	438.12
Abril	1	15.72	24.766	389.44
	2	14.41	24.766	356.99
Total		159.00	247.66	3 926.86

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2021)

Tabla 17.

Datos presupuestados de las máquinas de la planta de tratamiento de agua – número de mantenimientos correctivos

Costos pre				
Mes	Semana	Número de mantenimiento de máquinas	Costo del mantenimiento	Costo / semana
Agosto	1	11	275.00	3025.00
	2	10	388.75	3887.50
	3	11	246.25	2708.75
	4	10	218.75	2187.50
Setiembre	1	11	232.50	2557.50
	2	12	275.00	3300.00
	3	10	217.50	2175.00
	4	10	360.00	3600.00
Octubre	1	11	390.00	4290.00
	2	12	332.50	3990.00
Total		108	2936.25	31 721.25
Costos post				
Mes	Semana	Número de mantenimiento de máquinas	Costo del mantenimiento	Costo / semana
Febrero	1	4	100.00	400.00
	2	3	116.63	349.88
	3	4	89.55	358.18
	4	3	65.63	196.88
Marzo	1	4	84.55	338.18
	2	4	91.67	366.67
	3	3	65.25	195.75
	4	3	108.00	324.00
Abril	1	4	141.82	567.27
	2	4	110.83	443.33
Total		36.00	973.91	3 540.14

Fuente: Planta de tratamiento de agua de la Municipalidad de Ascope (2021)

Como se observa en las tablas 16 y 17 el costo por las horas de parada de máquina antes de ejecutar el programa de mantenimiento propuesto y durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021 fue de S/ 9 817.14 y el costo del mantenimiento correctivo en el mismo periodo fue de S/ 31 721,25. Después de la ejecución del programa de mantenimiento propuesto los costos por las horas de parada de máquina durante los meses de febrero, marzo y abril del año 2022 fueron de S/ 3 926,86 y el costo del mantenimiento correctivo durante el mismo periodo fue de S/ 3 540,14.

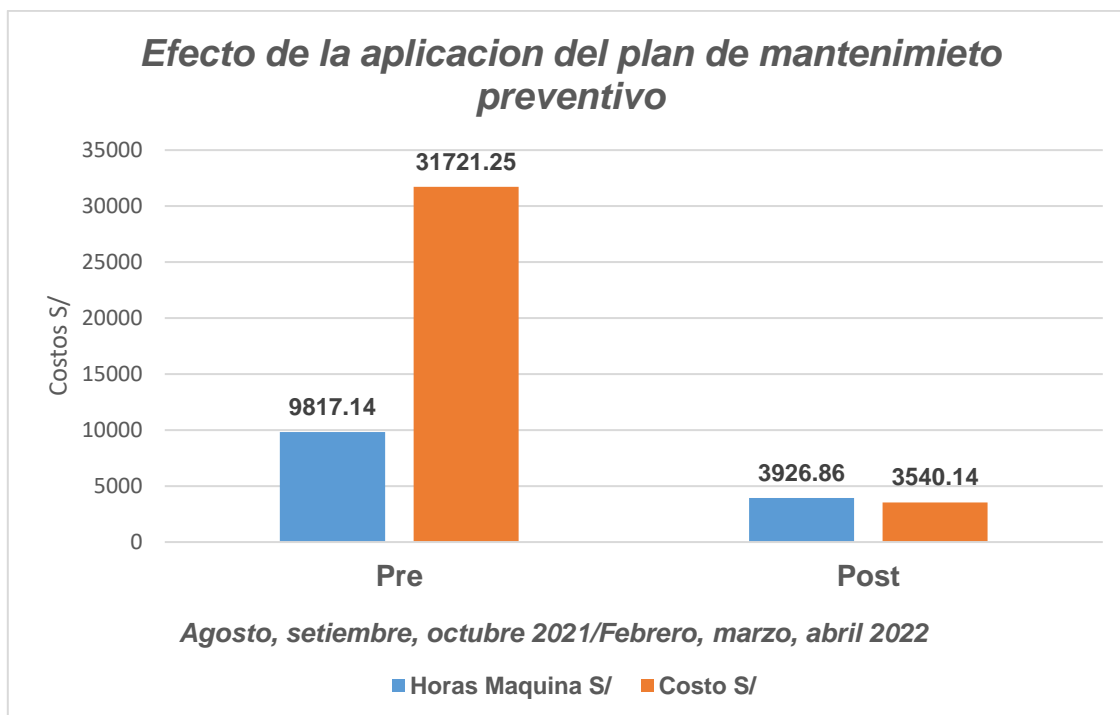


Figura 10.

Comparación de los costos de paradas y mantenimiento antes y después de la ejecución del plan de mantenimiento.

Los efectos en la reducción de los costos fueron:

Horas de parada de máquina un 60% y en mantenimiento, 88.84%

A continuación, se muestra el análisis económico financiero de la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en la planta de tratamiento de agua de Ascope, con la información de las tablas N° 15 y 16.

Tabla 18.
Flujo de caja económico

Semana	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Costos Pre		3836.33	4820.53	3560.65	3363.93	3815.07	4354.73	2945.77	4695.30	5263.60	4882.47
Horas de parada de máquina		811.33	933.03	851.90	1176.43	1257.57	1054.73	770.77	1095.30	973.60	892.47
Número de mantenimientos correctivos		3025.00	3887.50	2708.75	2187.50	2557.50	3300.00	2175.00	3600.00	4290.00	3990.00
Costos Post		724.53	723.09	698.94	667.45	841.21	788.56	504.06	762.12	956.71	800.32
Horas de parada de máquina		324.53	373.21	340.76	470.57	503.03	421.89	308.31	438.12	389.44	356.99
Número de mantenimientos correctivos		400.00	349.88	358.18	196.88	338.18	366.67	195.75	324.00	567.27	443.33
Beneficio		3111.80	4097.45	2861.71	2696.49	2973.86	3566.17	2441.71	3933.18	4306.89	4082.15

Evaluación económica:

Considerando la tasa de retorno del 10% anual (equivalente a 0.0021% semanal)

VAN = 16,428.39 Indicando que se recupera la inversión inicial y además deja una utilidad de S/16,428.39 durante el periodo evaluado

TIR = 14% Indica que la tasa de retorno del 14% es mayor que la tasa de inversión

B/C = 37.92% Indica la rentabilidad de la inversión

Análisis estadístico descriptivo

Variable independiente: Mantenimiento basado en la confiabilidad

Tabla 19.

Estadística descriptiva del número de horas de parada de máquinas

<i>Estadística descriptiva</i>	<i>Horas de parada antes</i>	<i>Horas de parada después</i>
Media	39,6400	15,8550
Mediana	38,4900	15,3950
Moda	31,12 ^a	12,45 ^a
Desviación estándar	6,49771	2,59925
Varianza	42,220	6,756
Asimetría	,429	,429
Error estándar de asimetría	,687	,687
Rango	19,66	7,86
Mínimo	31,12	12,45
Máximo	50,78	20,31
Suma	396,40	158,55

En la tabla 19 se observa el análisis estadístico descriptivo de la información, horas de parada de máquina de los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2021 y los meses de febrero, marzo y abril del año 2022. Se observó que la media del año 2021 fue de 39,64, mientras que la media del año 2022 fue de 15,86 lo que evidenció una reducción de costos de 23,78, que representa un 60%; así mismo la desviación estándar del año 2021 fue de 6,50, mientras que la desviación estándar del año 2022 fue de 2,60; por otro lado, la varianza durante el año 2021 fue de 42,22, mientras que la varianza en el año 2022 fue de 6,76; finalmente, la diferencia entre el valor máximo y mínimo fue de 19,66 en el año 2021, mientras que en el año 2022 fue de 7,86.

Tabla 20.
Estadística descriptiva del número de mantenimientos correctivos de las máquinas

<i>Estadística descriptiva</i>	<i>Número de mantenimiento antes</i>	<i>Número de mantenimiento después</i>
Media	10,8000	3,6000
Mediana	11,0000	4,0000
Moda	10,00 ^a	4,00
Desviación estándar	,78881	,51640
Varianza	,622	,267
Asimetría	,407	-,484
Error estándar de asimetría	,687	,687
Rango	2,00	1,00
Mínimo	10,00	3,00
Máximo	12,00	4,00
Suma	108,00	36,00

En la tabla 20 se observa el análisis estadístico descriptivo de la información, número de mantenimientos correctivos de las máquinas de los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021 y febrero, marzo y abril 2022, se observó que la media del año 2021 fue de 10,80, mientras que la media del año 2022 fue de 3,60 lo que evidenció una disminución de 7,20 que representa un 66.67%; así mismo la desviación estándar del año 2021 fue de 0,79, mientras que la desviación estándar del año 2022 fue de 0,52, por otro lado, la varianza durante el año 2021 fue de 0,62, mientras que la varianza en el año 2022 fue de 0,27; finalmente, la diferencia entre el valor máximo y mínimo fue de 2 en el año 2021, mientras que en el año 2022 fue de 1.

Variable dependiente: Operatividad

Tabla 21.
Estadística descriptiva de la operatividad de las máquinas

<i>Estadística descriptiva</i>	<i>Operatividad antes</i>	<i>Operatividad después</i>
Media	,6340	,9016
Mediana	,6150	,8983
Moda	,52 ^a	,85 ^a
Desviación estándar	,08168	,04278
Varianza	,007	,002
Asimetría	,317	,388
Error estándar de asimetría	,687	,687
Rango	,24	,12
Mínimo	,52	,85
Máximo	,76	,97
Suma	6,34	9,02

En la tabla 21 se muestra el análisis estadístico descriptivo de la operatividad de las máquinas de los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021 y febrero, marzo y abril 2022, se observó que la media del año 2021 fue de 63,40%, mientras que la media del año 2022 fue de 90,16% lo que evidenció un aumento de 26,76% , así mismo la desviación estándar del año 2021 fue de 0,08, mientras que la desviación estándar del año 2022 fue de 0,04, por otro lado, la varianza durante el año 2021 fue de 0,01, mientras que la varianza en el año 2022 fue de 0,00; finalmente, la diferencia entre el valor máximo y mínimo fue de 0,24 en el año 2021, mientras que en el año 2022 fue de 0,12.

Análisis estadístico inferencial

Variable dependiente: operatividad

Contrastación de hipótesis general

Siendo:

- H0: Implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad no mejora la operatividad de las máquinas en la planta de tratamiento de agua potable de Ascope

- H1: Implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejora la operatividad de las máquinas en la planta de tratamiento de agua potable de Ascope

Para contrastar la hipótesis, tenemos que definir qué estadígrafo vamos a utilizar, por lo que primero se verificó la normalidad de los datos. Al ser los datos menores a 30 unidades muestrales, se procedió con el estadístico Shapiro Wilk.

Tabla 22.
Análisis de normalidad de datos de la operatividad de las máquinas

<i>Variables</i>	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
	<i>Estadístico</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>	<i>Estadístico</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>
Horas de parada antes	,120	10	,200*	,961	10	,793
Horas de parada después	,121	10	,200*	,960	10	,790
Número de mantenimiento antes	,245	10	,091	,820	10	,025
Número de mantenimiento después	,381	10	,000	,640	10	,000
Operatividad antes	,168	10	,200*	,937	10	,523
Operatividad después	,147	10	,200*	,928	10	,426

Como se observa en la tabla 22, el nivel de significancia para la variable horas de parada fue mayor a 0,05, por lo tanto los datos son paramétrico y se utilizó el estadígrafo T-Student, mientras que el nivel de significancia para la variable número de mantenimiento fue menor a 0,00, por lo tanto los datos son no paramétricos y se utilizó el estadígrafo de Wilcoxon, finalmente el nivel de significancia para la variable operatividad fue mayor a 0,05, por lo tanto los datos son paramétricos y se utilizó el estadígrafo T-Student.

Tabla 23.
Análisis de prueba paramétrica de operatividad

Variable	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Operatividad antes	,6340	10	,08168	,02583
Operatividad después	,9016	10	,04278	,01353

Como se observó en el análisis de prueba paramétrica en la tabla N° 21, la media de la operatividad antes fue de 63,40% y después fue de 90,16%, evidenciando un aumento de 26,76%. Finalmente, se procedió a la contrastación de hipótesis.

Tabla 24.
Análisis estadístico de prueba – T-Student para operatividad

Variable	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior				Superior
Operatividad antes Operatividad después	-,26758	,04642	,01468	-,30079	-,23437	-18,229	9	,000

Se observa en la tabla 24, que la significancia es igual a 0,000, por consiguiente, al ser menor a 0,05 se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis, es decir que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejoró la operatividad de las máquinas.

Contrastación de hipótesis específica 1

Siendo:

- H0: Implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad no disminuye las horas de parada de las máquinas en la planta de tratamiento de agua potable de Ascope
- H1: Implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad disminuye las horas de parada de las máquinas en la planta de tratamiento de agua potable de Ascope

Tabla 25.
Análisis de prueba paramétrica de horas de parada

Variable	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Horas de parada antes	39,6400	10	6,49771	2,05476
Horas de parada después	15,8550	10	2,59925	,82196

Como se observó en el análisis de prueba paramétrica en la tabla 25, la media de las horas de parada de máquina antes fue de 39,64 horas y después fue de 15,86 horas, evidenciando una reducción de 23,78 horas. Finalmente, se procedió a la contrastación de hipótesis.

Tabla 26.
Análisis estadístico de prueba – T-Student para horas de parada

Variable	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Horas de parada antes Horas de parada después	23,78500	3,89846	1,23280	20,99621	26,57379	19,293	9	,000

Se verifica en la tabla 26, que la significancia es igual a 0,000, por consiguiente, al ser menor a 0,05 se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis, es decir que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad disminuye las horas de parada de máquina.

Tabla 27.
Análisis de prueba paramétrica del número de mantenimientos correctivos

Variable	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Número de mantenimiento correctivo antes	10,8000	10	,78881	,24944
Número de mantenimiento correctivo después	3,6000	10	,51640	,16330

Como se observó en el análisis de prueba paramétrica en la tabla 27, la media del número de mantenimientos correctivos antes fueron 10,80 y después fueron 3,60, evidenciando una reducción de 7,2 mantenimientos correctivos. Finalmente, se procedió a la contrastación de hipótesis.

Tabla 28.
Análisis estadístico de prueba – Wilcoxon para el número de mantenimientos correctivos

Variable	Número de mantenimiento correctivo después - Número de mantenimiento correctivo antes
Z	-2,972 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,003

Se verifica en la tabla 28, que la significancia es igual a 0,003, por consiguiente, al ser menor a 0,05 se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis, es decir que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad disminuye el número de mantenimiento correctivos en las máquinas.

V. DISCUSIÓN

La implementación de un plan de mantenimiento mejoró la operatividad en la planta de agua potable de Ascope, los resultados respecto a la operatividad justificaron la hipótesis de la investigación, la cual fue aceptada con un nivel de significancia de 0,000, que nos permite testificar que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejora la operatividad, de acuerdo a los resultados, demostrados utilizando la estadística descriptiva e inferencial, la operatividad mejoró en un 26,76%, la operatividad diagnóstica fue 63,40% y después de la implementación del plan de mantenimiento aumentó a 90,16%. Resultados obtenidos que coinciden con los encontrados por: Rosales (2018), quien después de implementar un mantenimiento preventivo, encontró mejora de 37.6% en los resultados del indicador de disponibilidad, mejorando en gran medida el indicador de confiabilidad con un 61.6% en promedio, indicando que el funcionamiento de los equipos es realizado en mejores condiciones.

Coincidiendo también con Gonzales (2020), quien indica que el mantenimiento es una combinación de labores que permite a los equipos o sistemas conservarse en una forma que puede ejecutar su función específica más eficientemente. Así como también según IMG (2020), quien indica que las averías se dan y no hay nada que pueda evitar esto, pero pueden disminuirse las fallas aplicando un plan de mantenimiento preventivo.

Así mismo, coincide con García (2016), quien logró reducir en 72 horas el número de mantenimientos correctivos, corroborando que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, reduce el número de mantenimientos correctivos. En la presente investigación se demostró mediante la estadística descriptiva e inferencial la disminución del número de mantenimientos correctivos de máquina, inicialmente fueron 108 y después de aplicar el plan de mantenimiento se redujeron a 36. Del mismo modo la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad evidenció que las horas de parada de máquinas se redujeron en 237,84 horas, mientras que el número de mantenimientos correctivos realizados se redujeron en 72 mantenimientos.

Del mismo modo Diestra (2018), implementando el plan de mantenimiento, logro reducir en 60,53% el número de deficiencias y el tiempo total de reparación en 32,13%, estas mejoras permitieron aumentar el tiempo disponible en 4%, mejorar en 3,87% y la operatividad en 4%, en su investigación logró mejorar la operatividad de las máquinas en un 24,65%.

En cumplimiento con objetivo específico, se realizó el diagnóstico situacional de la planta de tratamiento de agua potable de Ascope, en forma similar a diagnóstico situacional en una empresa, realizado por Rodríguez. (2019), respecto a diagnóstico de las horas de parada de máquina logró reducir estas paradas de máquina, evidenciando la aceptación de la hipótesis específica 1 con un nivel de significancia de 0,000, demostrando que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad logró reducir las horas de parada de máquina en 23,78 horas. Mediante la estadística descriptiva e inferencial se evidencio este resultado, donde las horas de parada de máquina observadas en el diagnostico fueron de 396,40 horas y después de la implementación del plan de mantenimiento disminuyeron a 159 horas. Resultados que coinciden con el estudio realizado por Rosales (2018); quien, realizando el análisis mediante los instrumentos, matriz FODA, observación directa, entrevista y diagrama de Ishikawa; optimizó los procesos de mantenimiento dentro de la empresa disminuyendo los mantenimientos correctivos. Durante el diagnóstico, antes de realizar la implementación, el número de mantenimientos correctivos de máquina era de 78 y después del diagnóstico y aplicación del plan de mantenimiento el número disminuyó hasta 30.

Coincidiendo con Diestra (2018), quien en su diagnóstico de la operatividad de la organización antes de efectuar la implementación era de 52,46% y después aumentó hasta un 77,11%. Se evidencia que existe una similitud en cuanto al hallazgo de ambos resultados dado el objetivo de la implementación de mantenimiento llevada a cabo, que se ajusta a los requerimientos detectados y a las necesidades de la organización, cuya alternativa de solución optimiza la operatividad de las máquinas y equipos brindando la mejora en los procesos y actividades realizadas.

El plan de mantenimiento diseñado y elaborado basado en la confiabilidad, ha demostrado buenos resultados logrando mejorar significativamente la operatividad de las máquinas (sig <0,05). Esta mejora se logró implementando el plan de mantenimiento preventivo elaborado incluyendo programas de capacitaciones al personal. Los resultados evidenciaron que antes de realizar la implementación las horas de parada de máquina fueron de 396,40 horas y después disminuyó hasta 159 horas. Esta diferencia posiblemente sea consecuencia de la metodología e indicadores seleccionados para analizar y lograr el objetivo planteado.

En la investigación, se determinó que la ejecución e implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad logró mejorar significativamente la operatividad de las máquinas. Como se observó en el análisis de prueba paramétrica en la tabla N° 21, la media de la operatividad antes fue de 63,40% y después fue de 90,16%, evidenciando un aumento de 26,76%. Se observa en la tabla 24, que la significancia es igual a 0,000, por consiguiente, al ser menor a 0,05 se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis, es decir que la ejecución e implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejoró la operatividad de las máquinas. Resultados que coinciden con los encontrados por Cubides (2018), quien determinó una diferencia en los resultados, dado que se pudo constatar que la implementación y ejecución de mantenimiento preventivo y programa de capacitaciones al personal mostraron una disminución de las horas de parada de máquina de 267,45 horas y después de la implementación del plan de mantenimiento disminuyó hasta 91,67 horas.

En la investigación, para evaluar el efecto de la implementación del plan de mantenimiento en la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope 2022, se consideraron todos estos elementos en aras de identificar y determinar el impacto en función al plan de mantenimiento de operatividad los resultados en relación a la operatividad, permitieron comprobar la hipótesis de la investigación, la cual fue aceptada con un nivel de significancia de 0,000, corroborando que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad logró mejorar la operatividad de la máquina en un 26,76%. Esta mejora demostró mediante la

estadística descriptiva e inferencial en donde la operatividad antes era de 63,40% y después fue de 90,16%. Coincidiendo con Herrera (2019), quien demostró que el mantenimiento preventivo mejora la operatividad en las máquinas, ya que había mayor número de máquinas produciendo y las fallas recurrentes se redujeron, debido a que las modificaciones realizadas en el mantenimiento se arreglaron y la supervisión, permitiendo darle al personal mejor indumentaria para que lo pueda emplear en su labor.

Por otro lado, el presente trabajo de investigación aporta a mejorar el tiempo de respuesta para el cambio de repuesto de las máquinas. Los resultados del presente estudio respecto al número de mantenimientos correctivos comprobaron que la hipótesis específica de la investigación fue aceptada con un nivel de significancia de 0,003, concluyendo que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad logró reducir el número de mantenimientos correctivos en 72.

Todas estas investigaciones corroboran y defienden los hallazgos de la presente investigación tanto estadísticamente como a nivel argumentativo. Asimismo, los resultados son reforzados por los aportes teóricos de Rodríguez (2019) señalan: “Es el conocimiento aproximado de las diversas problemáticas de una población, a partir de la identificación e interpretación de los factores y actores que determinan su situación, un análisis de sus perspectivas y una evaluación de la misma”

VI. CONCLUSIONES

1. Se evidenció que la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejoró la operatividad de las máquinas de la planta de tratamiento de agua de la municipalidad de Ascope 2022, aceptándose la hipótesis general. Así mismo el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad disminuyó significativamente las horas de parada de máquina; disminuyó la frecuencia de mantenimientos correctivos en la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022. Esto se logró mediante la aplicación de herramientas de ingeniería a fin de lograr una reducción de las horas de parada de máquina y disminuir el número de mantenimientos correctivos.
2. En el diagnóstico inicial de la operatividad de las máquinas se determinó que las horas de parada de las máquinas fue de 396,40 horas, mientras que el número de mantenimientos correctivos que se realizaron durante el año 2022 fue de 108.
3. La implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad logró mejorar significativamente la operatividad de las máquinas en un 26,76%. con un nivel de significancia mayor a 0,05.
4. Después de la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad se determinó que las horas de parada de máquinas se redujeron en 237,84 horas, mientras que el número de mantenimientos correctivos realizados se redujeron en 72 mantenimientos posterior a la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad.
5. Finalmente, se determinó que los ahorros económicos de la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad lograron reducir los costos del número de paradas de las máquinas de S/. 9817.14 a S/. 3926.86 de igual manera se redujo el costo del número de mantenimientos correctivos de S/. 31721.25 a S/. 3540.14. Obteniendo un beneficio en la semana 10 de S/. 4082.15.

VII. RECOMENDACIONES

Al Subgerente del Área de Saneamiento Ambiental, desarrollar el plan de mantenimiento para la mejora de la operatividad, teniendo el personal calificado, llevando el control y registro de todos los procesos que se deben realizar y monitorear en función de la mejora en la operatividad de la maquinaria y por ende en la productividad total.

Al Subgerente de Saneamiento Ambiental, realizar un seguimiento en base al diagnóstico realizado, a fines de evitar o mitigar las causas y efectos en cuanto a la problemática para la operatividad de las máquinas.

Al Subgerente de Saneamiento Ambiental, seguir implementando el plan a fines de lograr la mejora en la operatividad de las máquinas y así disminuir las paradas de máquinas repentinas. Cabe resaltar, considerar un dashboard de indicadores de mantenimiento a fin de controlar, monitorear y reportar las fallas en los equipos y las paradas a fin de mejorar la gestión en la planta.

Al Subgerente del Área de Saneamiento Ambiental, a fin de disminuir los mantenimientos correctivos en la planta de tratamiento, examinar en el transcurso del tiempo el impacto del plan de mantenimiento, para evitar que se perjudiquen operativamente y económicamente a la planta. Además, es importante contar con stock de repuestos de las máquinas según necesidad y criterio del área de mantenimiento, con lo cual se lograría reducir el tiempo de mantenimiento.

Al Subgerente del Área de Saneamiento Ambiental, considerar la evaluación rentable que implica realizar un plan de mantenimiento, así como contar con una partida presupuestaria para la capacitación constante a los operarios a fin de poder mitigar los problemas de operatividad, siendo el personal encargado de velar por la buena marcha, el perfecto estado y la mejor manipulación en el funcionamiento de las máquinas de la planta de tratamiento.

Al Subgerente del Área de Saneamiento Ambiental, mantener capacitado al personal que labora en la planta, mejorar la gestión de la planta y asignar los

recursos necesarios y suficientes por cuanto el agua potable es de vital importancia para la población.

REFERENCIAS

A review of condition-based maintenance: Its prognostic and operational aspects. **Li, Yanrong, y otros.** 2020. 3, 2020, Front. Eng. Manag., Vol. 7, págs. 323-334.

Acuña, Alberto y Casana, Kevin. 2019. Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad de la flota de transportes terrestre de la compañía transporte Dulcemar SAC - Santa 2019. *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad de la flota de transportes terrestre de la compañía transporte Dulcemar SAC - Santa 2019.* [En línea] 15 de Setiembre de 2019.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/46459/Acu%3b1a_LAJ-Casana_AKD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Aguas Residuales Info. 2016. 5 países líderes en el manejo inteligente del agua. *5 países líderes en el manejo inteligente del agua.* [En línea] 2016 de Mayo de 2016.

<https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/5-paises-lideres-en-el-manejo-inteligente-del-agua-6tXbM>.

Alva, Raúl. 2019. Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de equipos de la Empresa Mur Wy SAC. en el Proyecto Cerro Corona. *Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de equipos de la Empresa Mur Wy SAC. en el Proyecto Cerro Corona.* [En línea] 17 de Octubre de 2019. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14694>.

Alvarez, Aldo. 2020. Clasificación de las investigaciones. *Clasificación de las investigaciones.* [En línea] 27 de Abril de 2020.

<https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%3a9mica%20%20%2818.04.2021%29%20-%20Clasificaci%3b3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

An active preventive maintenance approach of complex equipment based on a novel product-service system operation mode. **Wang, Ning, y otros.** 2020. 1, 2020, Journal of Cleaner Production, Vol. 277, págs. 1-17.

An Optimization Model for Operational Planning and Turnaround Maintenance Scheduling of Oil and Gas Supply Chain. **Ghaithan, Ahmed.** 2020. 21, 2020, Applied Sciences, Vol. 10, págs. 1-20.

Análisis documental: importancia de los entornos virtuales en los procesos educativos en el nivel superior. **Aguilar, Luisa y Otuyemi, Emma.** 2020. 1, 2020, Tecnología, Ciencia y Educación, Vol. 17, págs. 57-77.

Banco Mundial. 2019. Panorama general del agua. *Panorama general del agua.* [En línea] 30 de Julio de 2019. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>.

Clemenza, Brau. 2020. ¿Que es el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM? *¿Que es el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM?* [En línea] 28 de Agosto de 2020.

<https://esp.reliabilityconnect.com/que-es-el-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm/>.

Cómo definir un plan de mantenimiento para optimizar tu actividad. **Albornoz, Anaraya.** 2020. 2020, Appvizer, págs. 1-3.

Continuous maintenance and the future – Foundations and technological challenges. **Roy, R, y otros.** 2016. 2, 2016, CIRP Annals, Vol. 65, págs. 667-688.

Cubides, Fredy. 2018. Plan de mantenimiento integral para las extrusoras de plástico en las pequeñas y medianas empresas de Bogotá. *Plan de mantenimiento integral para las extrusoras de plástico en las pequeñas y medianas empresas de Bogotá.* [En línea] 29 de Agosto de 2018. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13563/CubidesAlfonsoFredyYamith2018.pdf?sequence=1>.

Diagnóstico Situacional. Para el mejoramiento de habilidades financieras y de inversión en pequeños territorios del Ecuador. **Chávez, Gonzalo, Maza, José y Chávez, Habbid.** 2018. 4, Machala / Ecuador : Universidad Técnica de Machala, 2018, Universidad y Sociedad, Vol. 10, págs. 265-290.

Diestra, Hagler. 2018. Incremento de la operatividad de las máquinas de la empresa metal Work Industrias S.A.C mediante un plan de gestión de mantenimiento preventivo . *Incremento de la operatividad de las máquinas de la empresa metal Work Industrias S.A.C mediante un plan de gestión de mantenimiento preventivo.* [En línea] 8 de Enero de 2018. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9490/DIESTRA%20GALDOS%2C%20Hagler%20Marco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Garay, Jorge. 2019. Implementación de un plan de mantenimiento total para mejorar la operatividad de flota de volquetes en municipalidad distrital de Pimentel 2017. *Implementación de un plan de mantenimiento total para mejorar la operatividad de flota de volquetes en municipalidad distrital de Pimentel 2017.* [En línea] 1 de Febrero de 2019. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25910/Garay_CJL.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

García, María. 2016. Definición e implementación de un plan de mantenimiento industrial. *Definición e implementación de un plan de mantenimiento industrial.* [En línea] 9 de Julio de 2016. <https://www.gestiopolis.com/definicion-e-implementacion-de-un-plan-de-mantenimiento-indu>.

General overview of maintenance strategies – concepts and approaches. **Gackowiec, Paulina.** 2019. 1, 2019, Sciendo, Vol. 2, págs. 126-139.

Gonzales, Jorge. 2020. Gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el área mecánica de la empresa Guvi Servis E.I.R.L, 2020. *Gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el área mecánica de la empresa Guvi Servis E.I.R.L, 2020.* [En línea] 30 de Julio de 2020. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7588/Gonzales%20Granda%2c%20Jorge%20Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Hernández Sampieri, Roberto y Mendoza Torres, Christian. 2018. *Metodología de la Investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* México : McGraw Hill, 2018.

Herrera, Jorge. 2019. “Optimizar el mantenimiento preventivo para mejorar la operatividad de las máquinas tragamonedas en la empresa Newport Capital SAC, Lima, 2018. *“Optimizar el mantenimiento preventivo para mejorar la operatividad de las máquinas tragamonedas en la empresa Newport Capital SAC, Lima, 2018.* [En línea] 28 de Marzo de 2019. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30372/Herrera_SJA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

IMG. 2020. Cómo realizar un plan de Mantenimiento Preventivo con un sistema ERP. *Cómo realizar un plan de Mantenimiento Preventivo con un sistema ERP.* [En línea] 27 de Enero de 2020. <https://www.revistaimg.com/como-realizar-un-plan-de-mantenimiento-preventivo-con-un-sistema-erp/>.

Improving the response time for the corrective maintenance of rail infrastructure: a case study of the western cape passenger rail network. **Du Toit, A, Jooste, J y Conradie, P. 2019.** 1, 2019, South Africa Journal of Industrial Engineering , Vol. 30, págs. 235-247.

INFRASPEAK. 2021. Disponibilidad vs. Fiabilidad vs. Mantenibilidad: ¿Cuál Es la Diferencia? *Disponibilidad vs. Fiabilidad vs. Mantenibilidad: ¿Cuál Es la Diferencia?* [En línea] 30 de Julio de 2021. <https://blog.infraspeak.com/es/disponibilidad-fiabilidad-mantenibilidad/>.

Intelligent Predictive Maintenance and Remote Monitoring Framework for Industrial Equipment Based on Mixed Reality. **Dimitris, Mourtzis, Angelopoulos, John y Panopoulos, Nikos. 2020.** 1, 2020, frontiers in Mechanical Engineering, Vol. 12, págs. 1-17.

Jara, Hernán. 2020. ¿Cuál es la diferencia entre Evaluación Financiera y Evaluación Económica? *Untref.* [En línea] 04 de 06 de 2020. <https://proyectosuntref.wixsite.com/proyectos/post/cu%C3%A1l-es-la-diferencia-entre-evaluaci%C3%B3n-financiera-y-evaluaci%C3%B3n-econ%C3%B3mica#:~:text=La%20Evaluaci%C3%B3n%20Econ%C3%B3mica%20del%20Proyecto,de%20la%20implementaci%C3%B3n%20del%20mismo..>

Limache, Edelio. 2019. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos Trackles de la empresa Serminas S.A.C. en la Unidad Alpamarca. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos Trackles de la empresa Serminas S.A.C. en la Unidad Alpamarca.* [En línea] 13 de Junio de 2019. http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4972/T010_45113245_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

López, Pedro y Fachelli, Sandra. 2016. *Metodología de la investigación social cuantitativa.* México : Bellaterra, 2016. págs. 1-41.

Maintenance Strategy Based on Reliability Analysis and FMEA: A Case Study for Hydraulic Cylinders of Traditional Excavators with ERRS. **Zeng, Qingliang, y otros. 2020.** 1, 2020, Hindawi, Vol. 20, págs. 1-11.

Mantenimiento industrial en máquinas y herramientas por medio de AMFE. **González, Jesús, y otros. 2018.** 3, 2018, Ingeniería Industrial, Vol. 17, págs. 209-225.

Predictive Maintenance on the Machining Process and Machine Tool. **Jimenez, Alberto, y otros. 2019.** 1, 2019, Applied Sciences, Vol. 10, págs. 224-238.

Ramos, Julio. 2018. Aumento de la Disponibilidad Mediante la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo a las Maquinarias de la Empresa Atlanta Metal Drill S.A.C. *Aumento de la Disponibilidad Mediante la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo a las Maquinarias de la Empresa Atlanta Metal Drill S.A.C.* [En línea] 16 de Enero de 2018. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/Ramos%20Sparrow%2c%20Julio%20Oswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Rodriguez, G. 2019. Que es vida útil de una máquina. *Que es vida útil de una máquina*. [En línea] 20 de Diciembre de 2019. <https://maquinautos.com/vida-util-de-una-maquina/?reload=236941>.

Rosales, Rubi. 2018. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del área de lavadero salinas de la empresa DELISHELL S.A.C. . *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del área de lavadero salinas de la empresa DELISHELL S.A.C.* [En línea] 23 de Noviembre de 2018. http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8266/Tesis_56380.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Salcedo, Jorge. 2017. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa alimentos Garmi C.A. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa alimentos Garmi C.A.* [En línea] 16 de Octubre de 2017. <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/16773/1/TFG%20Jorge%20E.%20Salcedo%20C..pdf>.

SEDALIB . 2020. Memoria institucional 2019. *Memoria institucional 2019*. [En línea] 15 de Diciembre de 2020. http://www.sedalib.com.pe/upload/CBGC/Est%C3%A1ndar47/C%2014%20Informe%20anual%20de%20resultados%20de%20gesti%C3%B3n%20MEMORIA/Memoria_Institucional_2019.pdf.

SUNASS. 2018. Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución. *Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución*. [En línea] 10 de Diciembre de 2018. http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf.

The Impact of Integrated Maintenance Actions Optimization on Strategic Machines Lifetime.

Bensaci, Mohammed y Hadjadj, Aoul. 2020. 1, 2020, Engineering, Vol. 12, págs. 46-65.

The methodology of machinery and equipment maintenance adopted by the textile industries located in the Zona da Mata Mineira. **Machado, Lisleandra, y otros. 2017.** 1, 2017, Ingeniare, Vol. 25, págs. 134-142.

Validez de contenido, de constructo y confiabilidad del Dental Anxiety Scale en adultos chilenos. **Ríos, Matias, y otros. 2020.** 1, 2020, International Journal Dental, Vol. 13, págs. 9-12.

WWRD. 2019. Informe Mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019. *Informe Mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019*. [En línea] 10 de Diciembre de 2019. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A1. Matriz de operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Concepto operacional	Dimensión	Indicadores	Escala
Plan de mantenimiento (V.I)	Diseñar un procedimiento de ciertas actividades, donde se planea una estrategia, la cual esta comprende los diferentes procedimientos, recursos y la duración necearía para ejecutar el mantenimiento y permite disminuir el tiempo de parada de planta (García 2016, p.1)	Para realizar este procedimiento o grupo de acciones matemáticas que permitirá hacer esta gestión se utilizará estas dimensiones: actividades, fallas y tiempo de funcionamiento de acuerdo a los datos brindados por la empresa	Actividades	Recursos disponibles N° actividades planificadas y ejecutadas Metas y objetivos Formatos a utilizar	Razón
			Fallas (Salazar, 2019)	Porcentaje de Fallas (Número de fallas / Tiempo de Operación) *100 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) (Salazar, 2019) Severidad * Probabilidad de ocurrencia * probabilidad de detección Criticidad de máquina Frecuencia de fallo * Consecuencia de los fallos	
			Tiempo de funcionamiento	Tiempo usado (N° horas trabajadas /N° horas disponibles) * 100 Horas de producción máquinas Cantidad total de unidades / (N° total de horas de trabajo * tasa real de producción) Tiempo perdido (Tiempo total disponibles – Tiempo de inactividad) / N° paradas	
Operatividad (V.D)	Característica que posee una máquina o equipo para rendir adecuadamente para mantener niveles de producción adecuados y que permite lograr las tasas de producción requeridas por la empresa (Gonzáles et al. 2018)	Estudiará y evaluará las medidas de rendimiento y utilización de las máquinas de la planta de tratamiento de agua de Ascope en base al tiempo de operación, número de horas operativas y productividad de las máquinas.	Rendimiento (Guerra López, 2019)	Número de máquinas operativas (Tiempo de operación * demanda anual / N° total de horas disponibles al año)	Razón
			Mantenibilidad	Productividad de la máquina Eficiencia * Calidad	
			Tiempo medio de operatividad (Alavedra et al. 2016)	Tiempo medio de reparación - MTTR Tiempo total de mantenimiento / número de reparaciones TMO Tiempo operativo total / Cantidad de unidades producidas	
			Confiability (Alavedra et al. 2016)	Tiempo medio entre fallas - MTBF (Tiempo total disponibles – Tiempo inactivo) / Número de paradas	
			Disponibilidad (Alavedra et al. 2016)	MTBF / (MTBF + MTTR)	

ANEXO A2. Autorización para publicación de tesis en el repositorio



AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS EN EL REPOSITORIO

Sr. Cicerón Bernilla Velásquez

Gerente Municipal
Provincial de la Municipalidad de Ascope

28 de Junio del 2022

Estimados estudiantes **Chávez terrones, Karen Elizabeth y D'Angelo Caballero, Rodrigo Alonso** En respuesta a la carta de ustedes en la que solicitan la autorización para publicar la tesis denominada "**Implementación de un Plan de mantenimiento y su efecto en la operatividad en la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022**", en el **Repositorio de la Biblioteca de la Universidad Cesar Vallejo**, así como en **revistas especializadas en Investigación Científica**, a fin de contribuir con la base de datos académica que les permitirá llevar a cabo investigaciones en la misma línea, la que se implementó en la municipalidad. Les brindamos la autorización para la publicación de lo antes mencionado. Así mismo se les agradece por el aporte brindado a la municipalidad.

Saludos cordiales

Atentamente

Municipalidad Provincial de Ascope
Cicerón Bernilla Velásquez
FRENTE MUNICIPAL

CICERON BERNILLA VELÁSQUEZ
CARGO: GERENTE GENERAL
DNI: 45678437
FECHA: 28/06/2022

ANEXO A3. Autorización para el desarrollo de tesis



AUTORIZACIÓN PARA EL DESARROLLLO DE TESIS

Con la firma del presente documento se da la autorización a los tesisistas **Chávez Terrones Karen** y **D'Angelo Caballero, Rodrigo**, para el desarrollo de la tesis titulada **"Implementación de un Plan de mantenimiento y su efecto en la operatividad en la planta de tratamiento de agua potable de la municipalidad de Ascope, 2022"**, siendo conveniente la realización de este documento para la mejora y conformidad de los datos expuestos en la presente tesis.

Atentamente

Signature of Cicerón Bernilla Velásquez, Gerente General of the Municipal Front of Ascope. The signature is in blue ink and is written over a blue stamp that reads 'Municipalidad Provincial de Ascope' and 'Cicerón Bernilla Velásquez FRENTE MUNICIPAL'.

CICERON BERNILLA VELASQUEZ

CARGO: GERENTE GENERAL

DNI: 45678437

FECHA: 28/06/2022

ANEXO A4. Acta de acceso a información para desarrollo de tesis



ACTA DE ACCESO A INFORMACION PARA DESARROLLO DE TESIS

El representante de la municipalidad: Cicerón Bernilla Velásquez, hace de conocimiento que la Srta. **Chávez Terrones Karen** y el Sr. **D'Angelo Caballero, Rodrigo**, Estudiantes de la Universidad César Vallejo de la Escuela de ingeniería Industrial, han solicitado el acceso a las instalaciones de la municipalidad distrital de Ascope ubicada en la ciudad de Ascope, en la fecha 28/06/2022, el motivo es para el recojo de datos que le ayudaran a realizar su investigación de fin de carrera.

La Municipalidad distrital de Ascope se compromete a brindarle el acceso y se limita, previo acuerdo con el estudiante, a dar o no datos confidenciales, dado la política propia de la municipalidad.

Es potestad del estudiante aplicar sus diferentes conocimientos en el desarrollo del trabajo a realizar.

Así mismo, la empresa exige se le haga llegar una copia del trabajo realizado como prueba del buen uso de los datos recogidos.

Para dar fe del acuerdo se firma el siguiente documento:

Firma del estudiante

Chávez Terrones Karen

DNI: 70183250

Firma del estudiante

D'Angelo Caballero, Rodrigo

DNI: 71650404

CICERON BERNILLA VELASQUEZ

CARGO: GERENTE GENERAL

DNI: 45678437

FECHA: 28/06/2022

Ascope: 28 del mes de Junio del año 2022

ANEXO A5. Validación de instrumento

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo **Carlos Javier Velásquez Rivera** con DNI N° **47584083** de profesión Ingeniero Industrial con código CIP N° **255184** desempeñandome actualmente como **Consultor de Proyectos**, por este medio de la presente hago contar que he revisado con fines de validación de instrumentos de la investigación titulada “PLAN DE MANTENIMIENTO Y SU IMPACTO EN LA OPERATIVIDAD DE LAS MAQUINAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE ASCOPE, 2021” desarrollada por los estudiantes D’Angelo Caballero, Rodrigo y Chavez Terrones, Karen.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formularlas siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Congruencia de items					X
2. Amplitud de Contenido				X	
3. Redacción de items					X
4. Pertinencia				X	
5. Metodología				X	
6. Coherencia					X
7. Organización					X
8. Objetividad					X
9. Claridad				X	

En señal de la conformidad firmo la presente en la ciudad de Trujillo a los 7 días del mes de **Julio** del 2021.

Firma y sello profesional



**CARLOS JAVIER
VELASQUEZ RIVERA**
Ingeniero Industrial
CIP N° 255184

ANEXO A6. Validación de instrumento 2

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Alan Sixto Mendoza Valverde con DNI N° 42926059 de profesión Ingeniero Industrial con código CIP N° 53519 desempeñandome actualmente

Como Supervisor Transporte Reado por este medio de la presente hago contar que he revisado con fines de validación de instrumentos de la investigación titulada "PLAN DE MANTENIMIENTO Y SU IMPACTO EN LA OPERATIVIDAD DE LAS MAQUINAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE ASCOPE, 2021" desarrollada por los estudiantes D'Angelo Caballero, Rodrigo y Chavez Terrones, Karen.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formularlas siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Congruencia de items				✓	
2. Amplitud de Contenido				✓	
3. Redacción de items				✓	
4. Pertinencia				✓	
5. Metodología				✓	
6. Coherencia				✓	
7. Organización				✓	
8. Objetividad				✓	
9. Claridad				✓	

En señal de la conformidad firmo la presente en la ciudad de Trujillo a los 07 días del mes de Julio del 2021.


Firma y sello profesional

ANEXO A7. Validación de instrumento 3

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Julio César Ramos Vargas con DNI N° 8844591 de profesión Ingeniero Industrial con código CIP N° 1201 desempeñandome actualmente

Como Jefe Operaciones Transporte, por este medio de la presente hago contar que he revisado con fines de validación de instrumentos de la investigación titulada "PLAN DE MANTENIMIENTO Y SU IMPACTO EN LA OPERATIVIDAD DE LAS MAQUINAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE ASCOPE, 2021" desarrollada por los estudiantes D'Angelo Caballero, Rodrigo y Chavez Terrones, Karen.

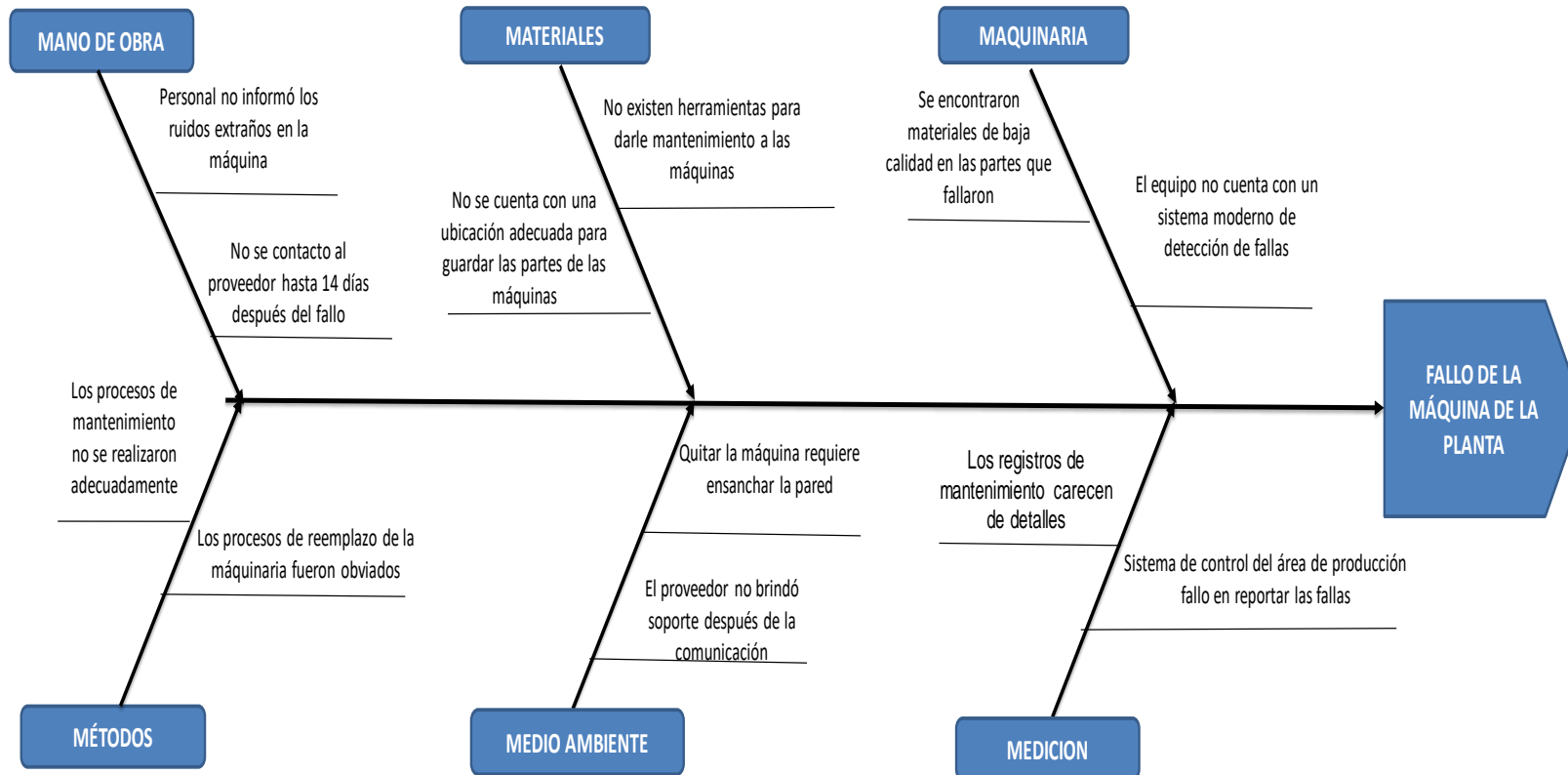
Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formularlas siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Congruencia de items				✓	
2. Amplitud de Contenido				✓	
3. Redacción de items				✓	
4. Pertinencia				✓	
5. Metodología				✓	
6. Coherencia				✓	
7. Organización				✓	
8. Objetividad				✓	
9. Claridad				✓	

En señal de la conformidad firmo la presente en la ciudad de Trujillo a los 07 días del mes de Julio del 2021.


Firma y sello profesional

Anexo A6. Diagrama Ishikawa



Anexo A7. Cuestionario de mantenimiento

N°	ÍTEMS	1	2	3	4	5		
D1: Organización General								
1	¿Están las responsabilidades y las tareas de los encargados claramente definidas por escrito?							
2	¿Tiene cada sección y/o actividad un presupuesto de funcionamiento específico y hay seguimientos periódicos de su adecuación a la realidad?							
3	¿Existen descripciones de las funciones para cada uno de los puestos en ejecución?							
4	¿Está definida por escrito, y aprobada, la organización y responsabilidades del departamento de mantenimiento?							
5	¿Se comprueban las responsabilidades y los puestos definidos en la organización de forma periódica para su adaptación?							
6	¿Está suficientemente dimensionada la estructura del departamento de mantenimiento y su equipo técnico para abordar nuevos procesos de mejora?							
7	¿Todas las operaciones preventivas y correctivas se ejecutan con OT y se imputan adecuadamente las actividades y repuestos?							
8	El personal de operación ¿tiene instrucciones y ejecuta operaciones de mantenimiento de primer nivel e inspecciones?							
9	¿Tienen objetivos claros e indicadores de funcionamiento que sirvan de base para disponer de resultados del servicio prestado?							
10	¿Hay reuniones periódicas y se realizan seguimientos de niveles de indicadores de calidad de servicio percibida por nuestros clientes?							
D2: Método y sistema de trabajo								
11	¿Tienen métodos formalizados para los planes de mantenimiento que se consideren de seguridad y con los protocolos de prueba finales?							
12	¿Utilizan el método PERT, GANNT (u otra gestión parecida) para la preparación de trabajos largos, importantes o que necesitan mucha coordinación?							
13	¿Disponen de sistemas de planificación y preparación de trabajo para intervenciones importantes?							
14	¿Se disponen de procedimientos por escrito (y aplicado) que defina las autorizaciones de trabajo (consignación, desconsignación) para los trabajos que conlleven riesgo?							
15	¿Se archivan en los expedientes o historiales de equipos y sistemas, los trabajos de preparación y planificación de grandes intervenciones y los protocolos llevados a cabo y firmados?							
16	¿Hay acciones que lleven a mejorar y ajustar a normativa los equipos y las instalaciones?							
17	¿Guardan los repuestos en el almacén y disponen de kits preparados (piezas, herramientas, etc.) antes de sus intervenciones?							
18	¿Está el conjunto de la documentación debidamente clasificada y fácilmente accesible a pie de planta?							
19	¿Se disponen de métodos para estimación de tiempos distintos de la estimación global?							
20	¿Se disponen de sistemas de priorización de actividades, con base en su criticidad, repercusiones secundarias, etc.?							
D3: Control técnico de instalación y equipos								
21	¿Tiene todo el equipamiento un número de identificación asociado al entorno y protecciones claramente señaladas?							
22	¿Se registran sistemáticamente las modificaciones, cambios, instalaciones nuevas o supresión de equipamientos?							
23	¿Tienen efectuados Análisis de criticidad de equipos y Estudios de averías y modos de fallo (AMFE, RCM, etc.)?							

24	¿Tiene cada equipo o instalación un número de identificación único, diferente del número cronológico de entrega o compra?								
25	¿Hay un archivo informático o en papel de cada equipo o instalación, y de sus subgrupos funcionales con reseñas históricas de todos los trabajos llevados a cabo en cada uno de ellos y su coste, con la firma de un responsable de los mismos?								
26	¿Se dispone de información sobre las horas imputadas por tipo de mantenimiento, las piezas consumidas y los costes, por cada equipamiento?								
27	¿Tiene la posibilidad de analizar, sistema a sistema, el coste real de sus ciclos de vida?								
28	¿Tiene constancia formal e inequívoca de la adecuación de las maquinarias y equipos a la directiva de máquinas?								
29	¿Hay uno o varios responsables del cuidado de las reseñas históricas de los trabajos, y se comprueba que las imputaciones son correctas?								
30	¿Está asegurado totalmente el seguimiento y control formal de las operaciones reglamentarias y de seguridad llevados a cabo?								
	D4: Gestión de la carga de trabajo								
31	¿Se reúnen periódicamente s para debatir las prioridades, problemas de planning, personal, etc.?								
32	¿Tienen los operadores de los equipamientos responsabilidades en materia de reglaje o ajuste, inspección y mantenimiento de rutina?								
33	¿Se tiene un sistema de registro de las demandas o solicitudes de trabajo?								
34	¿Se tiene un programa establecido de mantenimiento preventivo? (Acciones preventivas, periodicidad, carga de trabajo, operaciones de seguridad y reglamentarias, etc.)								
35	¿Hay alguna persona específicamente responsable de la planificación de los trabajos, y de coordinación con producción para éstos?								
36	¿Se disponen de fichas (o check-list) escritas de mantenimiento preventivo, con valores de ajuste, verificaciones, pruebas, etc.?								
37	¿Se tienen reglas definidas que permitan asignar los trabajos según las prioridades, y que conozca operación o producción?								
38	¿Existe algún responsable del conjunto de las acciones de mantenimiento preventivo?								
39	¿Existe algún documento que permita informar o seguir toda intervención que se utilice sistemáticamente para todo trabajo?								
40	¿Se dispone de un planning semanal (o periódico) de distribución de los trabajos?								
	SUBTOTAL								
	TOTAL								

Anexo A8. Datos del cuestionario para medir confiabilidad del instrumento

Casos	MANTENIMIENTO																																									
	ORGANIZACIÓN GENERAL										MÉTODO Y SISTEMA DE TRABAJO										CONTROL TÉCNICO DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS										GESTIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO											
	MTO1	MTO2	MTO3	MTO4	MTO5	MTO6	MTO7	MTO8	MTO9	MTO10	MTO11	MTO12	MTO13	MTO14	MTO15	MTO16	MTO17	MTO18	MTO19	MTO20	MTO21	MTO22	MTO23	MTO24	MTO25	MTO26	MTO27	MTO28	MTO29	MTO30	MTO31	MTO32	MTO33	MTO34	MTO35	MTO36	MTO37	MTO38	MTO39	MTO40		
1	1	3	4	5	3	5	2	2	4	1	5	1	2	2	4	3	1	5	2	5	1	5	3	4	1	5	5	5	4	1	2	2	4	4	1	4	1	1	1	4		
2	2	2	4	4	4	3	3	2	1	4	1	3	2	4	1	4	4	4	1	2	1	2	3	4	4	2	3	3	2	1	1	3	2	1	4	3	1	1	1	2		
3	4	4	2	5	3	3	1	5	1	4	4	4	5	2	5	2	3	5	5	1	5	4	2	2	3	5	5	1	1	1	3	5	5	2	3	3	1	1	3	1		
4	2	3	2	1	1	3	3	2	2	2	3	3	1	3	1	1	2	1	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2	1	1	2	1	2	3	1	3	2	1	1	3		
5	1	3	2	5	5	5	2	3	4	5	2	1	3	3	5	2	3	1	2	5	2	5	1	1	4	3	5	3	1	1	2	5	1	5	2	4	2	3	1	3		
6	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	2	2	1	3	3	3	1	3	1	3	3	1	3	1	2	3	1	1	2	1	3	1	3	3	3	2	2	1	1	2	2	
7	3	1	1	1	3	2	1	3	3	3	3	4	4	5	5	3	2	1	5	2	2	3	4	5	5	1	5	4	1	1	1	4	4	2	5	4	2	1	1	3		
8	1	2	1	1	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	1	3	3	3	3	2	2	1	1	3	1	3	2	3	1	2	3	1	1	2	1			
9	2	5	4	3	3	3	3	2	1	2	4	3	5	2	3	4	4	5	5	1	2	4	1	4	2	4	3	2	2	2	4	4	3	5	4	3	2	2	3	5		
10	2	1	2	3	3	3	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	3	2	1	1	1	2	3	1	2	1	1	2	1	1	2	3	2	3	2	3	2	1	2	3	2	1

Anexo A9. Confiabilidad del instrumento

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	10	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	10	100,0

- a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.



Muy baja	0 – 0,2
Baja	0,2 – 0,4
Moderada	0.4 – 0,6
Buena	0.6 – 0,8
Alta	0,8 – 1.0



Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,879	40

Anexo A10. Ficha técnica de mantenimiento de equipos

		FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA				CÓDIGO	
		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD				VERSIÓN	
REALIZADO POR:						Fecha Ingreso:	
MÁQUINA-EQUIPO	BOMBA CENTRIFUGA	UBICACIÓN		POZAS DE SEDIMENTACION			
FABRICANTE	HIDROSTAL	ÁREA		PLANTA DE TRATAMIENTO			
MODELO	2C-1.1/2x2L	CODIGO MÁQUINA		ISO/DIS 2858			
MARCA	HIDROSTAL						
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO	36.5 kg	ALTURA	313 mm	ANCHO	230 mm	LARGO	416 mm
FUNCIÓN Utilizada para incrementar la presión de agua y llenar la cisterna de la Planta de tratamiento				CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS			
Bomba Centrifuga 							
ADICIONAL:							

		FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA			CÓDIGO		
		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD			VERSIÓN		
REALIZADO POR:					Fecha Ingreso:		
MÁQUINA-EQUIPO	BOMBA CENTRIFUGA HELICOIDAL TIPO S		UBICACIÓN	POZAS DE SEDIMENTACION			
FABRICANTE	HIDROSTAL		ÁREA	PLANTA DE TRATAMIENTO			
MODELO	VERSIÓN: G		CODIGO MÁQUINA	LL8F0005			
MARCA	HIDROSTAL						
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO	36.0 kg	ALTURA	292 mm	ANCHO	240 mm	LARGO	465 mm
FUNCIÓN Eliminar lodos de las pozas de sedimentación de la Planta de tratamiento				CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS			
							
Bomba para lodos							
ADICIONAL:							

		FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA				CÓDIGO	
						VERSIÓN	
		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD				FECHA	
REALIZADO POR:					Fecha Ingreso:		
MÁQUINA-EQUIPO	ELECTROBOMBA	UBICACIÓN		AGUA POTABILIZADA			
FABRICANTE	HIDROSTAL	ÁREA		PLANTA DE TRATAMIENTO			
MODELO	D04CA-11.5T	CODIGO MÁQUINA		C03CA			
MARCA	HIDROSTAL						
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO	91.0 kg	ALTURA	365 mm	ANCHO	260 mm	LARGO	731 mm
FUNCIÓN Bombero agua de la Planta de tratamiento hacia el reservorio general				CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS			
 Electrobomba							
ADICIONAL:							

Anexo A12. Hoja de registro de mantenimiento

Fecha		Nombre de Máquina, equipo e instalación										Área de Trabajo Encargado de Inspección								Revisado por: Fecha de revisión:						Apr.							
N°	Conceptos que se deben revisar	Frecuencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1																																	
2																																	
3																																	
4																																	
5																																	
6																																	
7																																	
8																																	
9																																	
10																																	
		Encargado de Inspección																															
Instrucciones para llenar los resultados de las inspecciones en el formato: Bueno = √, Anormal = X, Recuperación de la anomalía = O encima de X. En caso que el encargado de la inspección encuentre alguna anomalía donde no pueda tomar él solo una decisión, debe avisar inmediatamente a su superior o responsable del área.																									Confirmación de los resultados de las inspecciones.								

Anexo A13. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fase de estudio	Técnicas	Instrumentos	Fuente
Diagnóstico situacional de la planta de tratamiento de agua potable de Ascope	Análisis de documentos Análisis de procesos Observación	Registros históricos Ficha Técnica	Área de producción
Diseñar o elaborar un plan de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable de Ascope	Análisis de documentos Guía de observación Programa de mantenimiento	Documentos de inspección de las máquinas, Ficha técnica. Guía de análisis documentario	Área de producción
Ejecutar un plan de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable de Ascope	Programa de mantenimiento Guía de observación	Documentos de inspección de las máquinas, Ficha técnica. Guía de análisis documentario	Área de producción
Evaluar el efecto de la implementación del plan de mantenimiento en la operatividad de la planta de agua potable de la municipalidad de Ascope	Análisis de documentos comparación de la operatividad antes y después de la implementación del plan de mantenimiento	Registro de inspección de documentos.	Área de producción

Anexo A14. Descripción de las actividades de mantenimiento preventivo de las bombas de agua centrífuga

Descripción de las actividades de mantenimiento preventivo					
MÁQUINA O EQUIPO	Bomba de agua centrífuga				
Actividad	Nombre de actividad	Descripción de actividad	Herramientas y materiales	Personal	Corrección y/o ajuste
1	Inspección de los dispositivos de seguridad	Deben abrir y cerrar la puerta de seguridad sin dificultad.	Inspección Visual	Operario	Reemplazar
2	Puerta y cubierta de seguridad	Inspeccionar la puerta de seguridad del lado del operador, lado opuesto y superior.	Inspección Visual	Operario	Reemplazar
3	Dispositivos de seguridad mecánicos	Verificar que no esté floja la contratuerca	Llave inglesa, inspección visual	Operario	Ajustar
4	Botón de paro de emergencia	Detener máquina	Inspección Visual	Operario	Reemplazar
5	Nivel de aceite hidráulico	Nivel por encima de la línea media del rango permisible	Inspección Visual	Operario	Engrasar
6	Aplicación de la lubricación	Lubricación con aceite hidráulico refrigerante	escobilla, desarmador, llave inglesa, aceite lubricante	Técnico de mantenimiento	Lubricar
7	Inspección de ruidos anormales	Inspeccionar si existen ruidos anormales, principalmente en la bomba y en el motor.	Inspección audiovisual	Operador	Revisión
8	Inspección visual de la parte de conexión a pozo tierra	Inspeccionar si la conexión de la máquina se encuentra en las condiciones normales	Inspección visual	Operario	Revisión
9	Revisar la rueda alimentadora de la máquina	Funcionamiento óptimo de la rueda alimentadora	Llave inglesa, inspección visual	Técnico de mantenimiento	Reemplazar rueda

Descripción de las actividades de mantenimiento preventivo					
MÁQUINA O EQUIPO	Bomba horizontal de lodo				
Actividad	Nombre de actividad	Descripción de actividad	Herramientas y materiales	Personal	Corrección y/o ajuste
1	Inspección de los dispositivos de seguridad	Deben abrir y cerrar la puerta de seguridad sin dificultad.	Inspección Visual	Operario	Revisión
2	Puerta y cubierta de seguridad	Inspeccionar la puerta de seguridad del lado del operador, lado opuesto y superior.	Inspección Visual	Operario	Revisión
3	Dispositivos de seguridad mecánicos	Verificar que no esté floja la contratuerca	Llave inglesa, inspección visual	Operario	Ajustar
4	Botón de paro de emergencia	Detener máquina	Inspección Visual	Operario	Reemplazar
5	Nivel de aceite hidráulico	Nivel por encima de la línea media del rango permisible	Inspección Visual	Operario	Engrasar
6	Aplicación de la lubricación	Lubricación con aceite hidráulico refrigerante	escobilla, desarmador, llave inglesa, aceite lubricante	Técnico de mantenimiento	Lubricar
7	Revisión de fugas de aceite	Inspeccionar posibles fugas de aceite incluyendo el volumen de la fuga	Inspección Visual	Operario	Cambio de manguera
8	Inspección de ruidos anormales	Inspeccionar si existen ruidos anormales, principalmente en la bomba y en el motor.	Inspección audiovisual	Operador	Revisión
9	Revisar el engranaje de la máquina	Funcionamiento óptimo de los engranajes	Llave inglesa, inspección visual	Técnico de mantenimiento	Reemplazar engranaje
10	Revisar la polea de velocidad de la máquina	Funcionamiento óptimo de la polea de velocidad	Llave inglesa, inspección visual	Técnico de mantenimiento	Reemplazar polea
11	Revisar la rueda alimentadora de la máquina	Funcionamiento óptimo de la rueda alimentadora	Llave inglesa, inspección visual	Técnico de mantenimiento	Reemplazar rueda

Descripción de las actividades de mantenimiento preventivo					
MÁQUINA O EQUIPO	Electrobomba				
Actividad	Nombre de actividad	Descripción de actividad	Herramientas y materiales	Personal	Corrección y/o ajuste
1	Inspección de los dispositivos de seguridad	Deben abrir y cerrar la puerta de seguridad sin dificultad.	Inspección Visual	Operario	Revisión
2	Puerta y cubierta de seguridad	Inspeccionar la puerta de seguridad del lado del operador, lado opuesto y superior.	Inspección Visual	Operario	Revisión
3	Dispositivos de seguridad mecánicos	Verificar que no esté floja la contratuerca	Llave inglesa, inspección visual	Operario	Ajustar
4	Botón de paro de emergencia	Detener máquina	Inspección Visual	Operario	Reemplazar
5	Nivel de aceite hidráulico	Nivel por encima de la línea media del rango permisible	Inspección Visual	Operario	Engrasar
6	Aplicación de la lubricación	Lubricación con aceite hidráulico refrigerante	escobilla, desarmador, llave inglesa, aceite lubricante	Técnico de mantenimiento	Lubricar
7	Revisión de fugas de aceite	Inspeccionar posibles fugas de aceite incluyendo el volumen de la fuga	Inspección Visual	Operario	Cambio de manguera
8	Inspección de ruidos anormales	Inspeccionar si existen ruidos anormales, principalmente en la bomba y en el motor.	Inspección audiovisual	Operador	Revisión
9	Revisar el engranaje de la máquina	Funcionamiento óptimo de los engranajes	Llave inglesa, inspección visual	Técnico de mantenimiento	Reemplazar engranaje
10	Revisar la p Polea de velocidad de la máquina	Funcionamiento óptimo de la p Polea de velocidad	Llave inglesa, inspección visual	Técnico de mantenimiento	Reemplazar p Polea
11	Revisar la rueda alimentadora de la máquina	Funcionamiento óptimo de la rueda alimentadora	Llave inglesa, inspección visual	Técnico de mantenimiento	Reemplazar rueda

Anexo A15. Ordenes de trabajo de mantenimiento centrados en la confiabilidad

Orden de trabajo del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad		Registro	1		
		Fecha	17/10/2021		
		Hora	17:00		
Máquina / Equipo	Bomba de agua centrífuga				Código:
Parte Máquina / Equipo	Bomba				Turno: 2
Descripción: fallo de la bomba, agua sale con poca presión					
Informes Departamento de Mantenimiento y Producción					
Clase de Intervención: Mantenimiento centrado en la confiabilidad					
Detalles: mal bombeo, la manguera se rompió, necesita cambio de bomba					
Especialidad / Personal	Cantidad	Tiempo	Observaciones		
Operario del área de mantenimiento	1	45 minutos			
Repuestos / Materiales / Equipos	Cantidad	Costo Unit. (S/)	Total (S/)	Observaciones	
Manguera nueva	1	500	500		
Materiales y equipos utilizados:					
Llave de herramienta y destornillador para abrir la bomba y revisar la falla					
Observaciones:					

Orden de trabajo del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad		Registro	1	
		Fecha	18/10/2021	
		Hora	17:00	
Máquina / Equipo	Bomba horizontal de lodo			Código:
Parte Máquina / Equipo	Bomba			Turno: 2
Descripción: fallo de la bomba, no prende el equipo				
Informes Departamento de Mantenimiento y Producción				
Clase de Intervención: Mantenimiento centrado en la confiabilidad				
Detalles: mal bombeo, fallo del engranaje de la bomba, necesita cambio de bomba				
Especialidad / Personal	Cantidad	Tiempo	Observaciones	
Operario del área de mantenimiento	1	60 minutos		
Repuestos / Materiales / Equipos	Cantidad	Costo Unit. (S/)	Total (S/)	Observaciones
Bomba nueva	1	600	600	
Materiales y equipos utilizados:				
Llave de herramienta y destornillador para abrir la bomba de tornillo y revisar la falla				
Observaciones:				

Orden de trabajo del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad		Registro	1		
		Fecha	19/10/2021		
		Hora	17:00		
Máquina / Equipo	Electrobomba				Código:
Parte Máquina / Equipo	Bomba				Turno: 2
Descripción: fallo de la bomba, no prende el equipo					
Informes Departamento de Mantenimiento y Producción					
Clase de Intervención: Mantenimiento centrado en la confiabilidad					
Detalles: fallo del engranaje de la bomba, necesita cambio de bomba					
Especialidad / Personal	Cantidad	Tiempo	Observaciones		
Operario del área de mantenimiento	1	60 minutos			
Repuestos / Materiales / Equipos	Cantidad	Costo Unit. (S/)	Total (S/)	Observaciones	
Bomba nueva	1	300	300		
Materiales y equipos utilizados:					
Llave de herramienta y destornillador para abrir la bomba de tornillo y revisar la falla					
Observaciones:					

Anexo A16. Cronograma de implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad

Cronograma de implementación																													
Actividades	Comienzo	Fin	Responsable	Recursos	Costo	Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase 1.- Agenda																													
Lista de actividades a realizar durante el programa de mantenimiento	Mar 1/07/21	Jue 08/07/21	Supervisor de mantenimiento		S/1,475.00																								
Compra de aceite y repuestos para máquinas de la planta	Jue 08/07/21	Vie 15/07/21	Supervisor de mantenimiento	1 caja de 12 unidades de aceite y 2 piezas para las bombas	S/500.00																								
Fase 2.- Materiales requeridos																													
Evaluación de los materiales necesarios para brindar el mantenimiento	Vie 15/07/21	Mar 31/07/21	Asistente de mantenimiento		S/1,000.00																								
Compra de aceite y repuestos para máquinas de la planta	Mie 01/08/21	Lun 08/08/21	Asistente de mantenimiento	1 caja de 12 unidades de aceite y 2 piezas para las bombas	S/1,200.00																								
Fase 3.- Presupuesto																													
Evaluación del presupuesto destinado para el mantenimiento de equipos	Lun 08/08/21	Sáb 23/08/21	Jefe de mantenimiento		S/2,500.00																								
Fin de la etapa de preparación	Sáb 23/08/21	Sáb 23/08/21	Jefe de mantenimiento		S/0.00																								
Fase 4. – Mantenimiento semanal																													
Inspección de ruidos anormales	Sáb 23/08/21	mar 30/08/21	Operario de mantenimiento		S/275.00																								
Inspección de los dispositivos de seguridad	mar 30/08/21	mie 5/09/21	Operario de mantenimiento		S/388.75																								
Revisar la bomba de las máquinas	mie 5/09/21	lun 10/09/21	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa, desarmador y aceite lubricante	S/246.25																								
Revisar la polea de velocidad de la máquina	lun 10/09/21	sáb 15/09/21	Técnico de mantenimiento	Llave inglesa, desarmador y aceite lubricante	S/218.75																								
Revisar el funcionamiento del botón de paro de emergencia	sáb 15/09/21	jue 20/09/21	Operario de mantenimiento		S/232.50																								

Anexo A17. Panel fotográfico



Anexo F1. Planta de tratamiento de agua municipal de Ascope

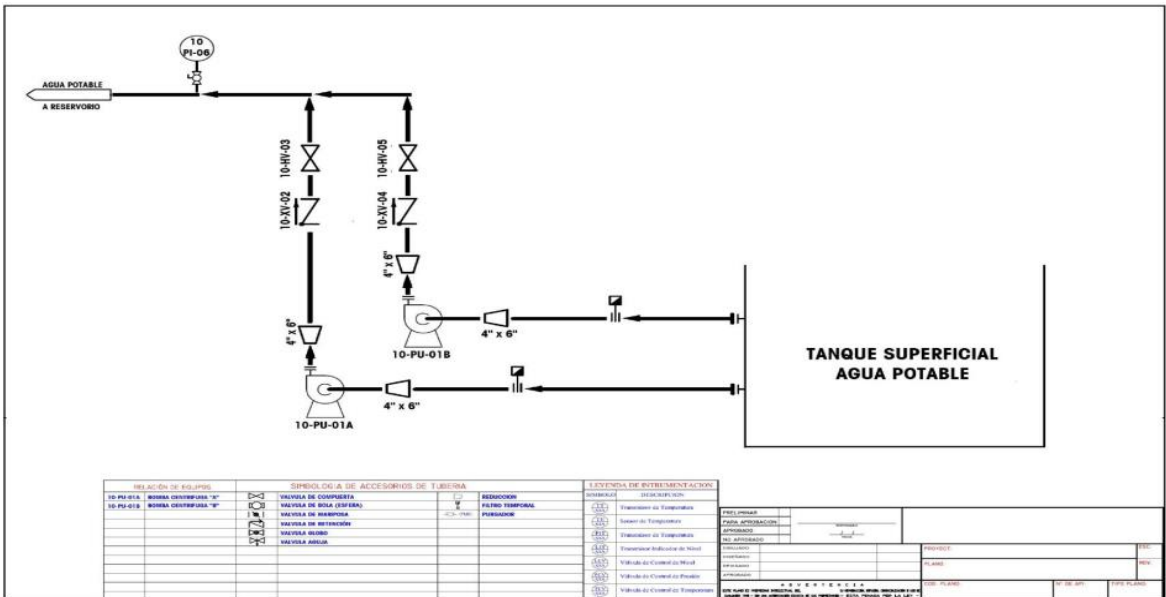


Anexo F2. Pozas de sedimentación de la planta de tratamiento de agua de la municipalidad de Ascope

Bombas de agua de la planta de tratamiento



Anexo F3. Bombas de agua

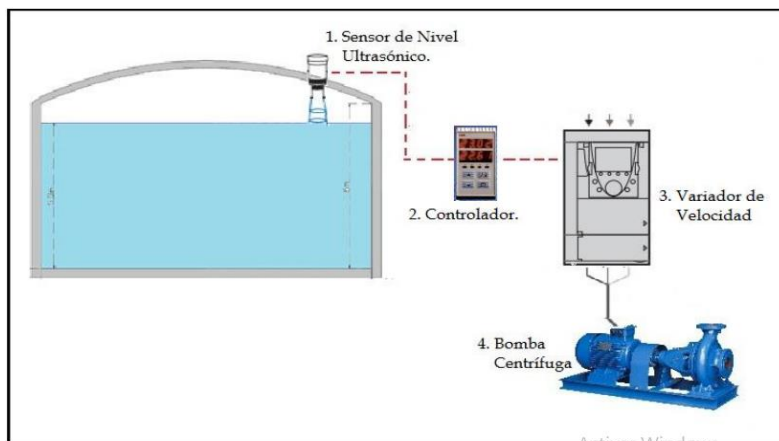


Anexo F4. Diagrama de operación de las bombas de agua

Implementación de nuevas bombas y sistemas de control



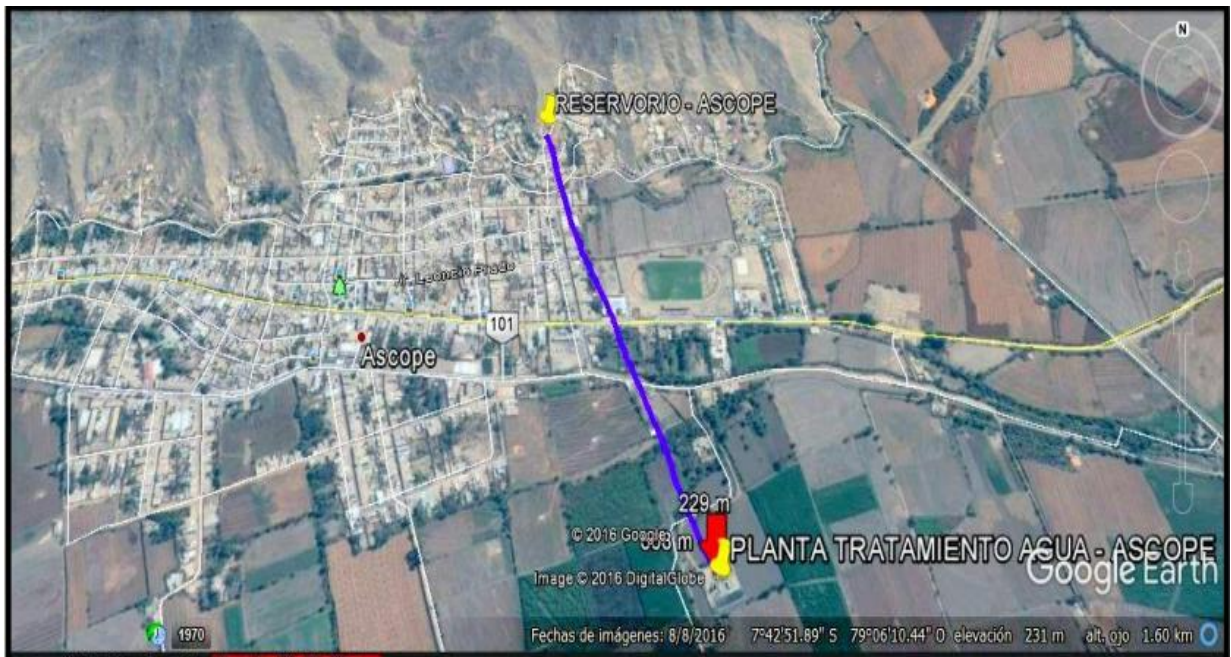
Anexos F4. Bomba Hidrostral



Anexo F5. Bomba centrífuga y su sistema de control



Anexo F6. Vista del reservorio de agua potable municipal del distrito de Ascope



Anexo F7. Vista del recorrido realizado por el agua desde la planta de tratamiento hasta el reservorio general. Ascope

Video de recorrido de la planta

<https://ms-my.facebook.com/MuniAscope/videos/planta-de-tratamiento-optimizar%C3%A1-servicio-y-calidad-de-agua/1061400991321075/>