

Reingeniería de una planta de Tratamiento de Agua Potable para un Centro Recreacional en Lambayeque - Perú

Jaime Augusto Santisteban Bances

Bach. en Ingeniería Industrial, Universidad Señor de Sipán sbancesjaimeaug@uss.edu.pe - <https://orcid.org/0000-0003-0690-3780>. Chiclayo - Perú.

Marianella Calderón Ubillus

Bach. en Ingeniería Industrial, Universidad Señor de Sipán, cubillusmariane@uss.edu.pe - <https://orcid.org/0009-0008-1143-1961>. Chiclayo – Perú.

Recibido: 21/12/2023 - **Aceptado:** 05/02/2024 - **Publicado:** 23/04/2024

RESUMEN

Este artículo presenta la aplicación de la reingeniería en la planta de tratamiento de agua potable en el centro recreacional en Lambayeque, que tiene como objetivo considerar una aplicación de mejoras en la gestión de la PTAP a través de un proceso de reingeniería que abarca desde el rediseño de la infraestructura hasta la capacitación del personal operativo. Para lograr esto, se aplicó un enfoque metodológico cuasiexperimental, esto involucró análisis de laboratorio y campo para evaluar la calidad del agua en diferentes etapas del tratamiento, además, se llevaron a cabo evaluaciones detalladas de la infraestructura y procesos existentes, identificando deficiencias y áreas de mejora.

Los resultados revelaron deficiencias en la infraestructura y procesos obsoletos, destacando la presencia de contaminantes específicos y la necesidad de una reingeniería, el proceso de reingeniería propuesto abarca la implementación y actualización de la infraestructura, optimización de procesos y mejorando la calidad. La determinación del presupuesto total del rediseño se basa en la identificación de aspectos clave durante el diagnóstico y la reingeniería, asegurando una asignación eficiente de recursos.

En conclusión, la investigación proporciona una base sólida para la intervención necesaria en el sistema de tratamiento de agua del centro recreacional, la metodología empleada, combinando análisis de calidad y evaluaciones de infraestructura, permitió resultados precisos. La reingeniería propuesta, respaldada por un presupuesto detallado y documentación integral, apunta a mejorar la eficiencia operativa y garantizar la calidad del agua a largo plazo.

Palabras clave: reingeniería de procesos; mejora continua; calidad del agua; rediseño; tratamiento de agua potable.

ABSTRACT

This article presents the application of reengineering in the drinking water treatment plant in the recreational center in Lambayeque, which aims to consider an application of improvements in the management of the PTAP through a reengineering process that ranges from redesign from the

infrastructure to the training of operational personnel. To achieve this, a quasi-experimental methodological approach was applied, this involved laboratory and field analyzes to evaluate the quality of the water at different stages of the treatment, in addition, detailed evaluations of the existing infrastructure and processes were carried out, identifying deficiencies and areas of need. improvement.

The results revealed deficiencies in the infrastructure and obsolete processes, highlighting the presence of specific contaminants and the need for reengineering, the proposed reengineering process covers the implementation and updating of the infrastructure, process optimization and improving quality, the determination of the budget The total redesign is based on the identification of key aspects during diagnosis and reengineering, ensuring efficient allocation of resources.

In conclusion, the research provides a solid basis for the necessary intervention in the water treatment system of the recreational center, the methodology used, combining quality analysis and infrastructure evaluations, allowed precise results. The proposed reengineering, supported by a detailed budget and comprehensive documentation, aims to improve operational efficiency and ensure long-term water quality.

Keywords: process reengineering; continuous improvement; water quality; redesign; drinking water treatment.

1. INTRODUCCIÓN

Es fundamental garantizar una calidad excepcional del agua potable para lograr una distribución efectiva del agua en todos los servicios, esto desempeña una función importante en la prevención de enfermedades gastrointestinales, diarreicas y otras afecciones relacionadas. Además, la implementación de instalaciones de saneamiento adecuadas contribuye significativamente a la reducción de la contaminación ambiental, mejorando la calidad de vida de los usuarios y la comunidad en general (Fernández, 2021). Las aguas subterráneas tienen un rol esencial como fuente de suministro de agua para múltiples propósitos, incluyendo el consumo doméstico, la agricultura y la industria. Representan una de las reservas más importantes de agua dulce en nuestro entorno, pero lamentablemente, se encuentran sometidas a una degradación significativa debido a la actividad humana. Esta degradación se deriva del uso intensivo de fuentes de origen humano, como fertilizantes y aguas residuales y cloacales, descargas de aguas residuales industriales, estiércol animal y los efectos del cambio climático, sin embargo, muchas empresas de tratamiento de agua potable se centran en eliminar los contaminantes presentes en las aguas superficiales, existe una falta de investigación en estas empresas en relación con la purificación de las aguas subterráneas a nivel nacional (Chávez y Nina, 2022). Para implementar con éxito la reingeniería proponen una serie de fases claves para lograr de forma concisa y exitosa la implementación de la reingeniería, por lo tanto, comienzan con la preparación del cambio y la planificación estratégica para garantizar la adaptación de todos los departamentos. Luego, se identifican y seleccionan procesos ineficientes. A través de un diagnóstico profundo con herramientas como el diagrama de Ishikawa, se busca comprender problemas, particularmente en la producción de agua potable. Después, se procede al rediseño y desarrollo de los procesos. La implementación se centra en mantener una comunicación horizontal y asegurar la inspección de los nuevos procesos, incluyendo la contratación y capacitación de empleados. Finalmente, se evalúan los resultados para garantizar una mejora continua, abordar desafíos potenciales y

proporcionar retroalimentación para futuros proyectos de reingeniería (Martínez, 2017; Guastay et al., 2018; Alfaro, 2023).

En este contexto, surge una pregunta fundamental: ¿Cómo aplicar la reingeniería de procesos para mejorar el sistema convencional de tratamiento de agua potable en el centro recreacional Lambayeque, Perú, considerando estos desafíos? La respuesta a esta pregunta es esencial para garantizar un suministro de agua potable seguro y confiable, evitando así enfermedades gastrointestinales y diarreicas, entre otras. Para abordar esta problemática, esta investigación propone llevar a cabo un proceso de reingeniería de la PTAP. La hipótesis central es que, al realizar esta reingeniería se logrará una mejora significativa en la eficiencia de producción de agua potable, lo cual tendrá un impacto positivo en la calidad del agua y en última instancia contribuirá a la consecución del buen vivir tanto para los visitantes del centro recreacional como para la comunidad local. El objetivo general de esta investigación considera una aplicación de mejoras en la gestión de la PTAP a través de un proceso de reingeniería que abarca desde el rediseño de la infraestructura hasta la capacitación del personal operativo. Los objetivos específicos se enfocan en diagnosticar la situación actual del sistema de tratamiento de agua potable en el centro recreacional en Lambayeque. Analizar los resultados obtenidos de laboratorio y análisis de campo del agua en su ingreso y salida del tratamiento. Determinar el proceso de reingeniería necesario. Calcular el presupuesto total del rediseño. Desarrollar la capacitación, memoria descriptiva, y un manual técnico de operación que respalden la eficaz gestión de la PTAP.

Esta investigación busca abordar los desafíos específicos identificados en el centro recreacional de Lambayeque, aplicando la reingeniería de procesos como una herramienta eficaz para mejorar la calidad del agua potable, la calidad de vida de los clientes y visitantes, optimizar los procesos y controlar los costos. Además, reconoce la importancia de garantizar un suministro de agua seguro, especialmente en un entorno donde la contaminación de las aguas subterráneas plantea riesgos adicionales, por lo tanto, este enfoque no solo tiene el potencial de mejorar la calidad de vida de quienes utilizan los servicios del centro recreacional, sino que también puede servir como un ejemplo valioso para otros lugares que enfrentan desafíos similares en la gestión de sus sistemas de tratamiento de agua potable. Para dar conformidad al estudio profundizamos con antecedentes o trabajos relacionados.

2. MARCO TEÓRICO Y/O ANTECEDENTES

"Las fluctuaciones en los niveles de contaminantes y la formación de depósitos de agua dura o blanda en la red de agua potable son consecuencia de la geología de las fuentes de agua subterránea y las capas freáticas, así como de la composición de los componentes del suelo. Estos factores pueden resultar en una variación significativa en los niveles de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos, así como en la presencia de abundantes depósitos de roca caliza" (Delgado y Campos, 2019).

Las actividades de vigilancia y supervisión de la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano son esenciales y de gran importancia, la ingestión de agua contaminada con excrementos humanos o animales representa el mayor peligro de enfermedades causadas por microorganismos patógenos, por lo tanto, estos microorganismos infecciosos con frecuencia sobrepasan las vallas de protección en el origen de agua, en los procesos de tratamiento y

distribución, o se multiplican en los canales de distribución del agua, como resultado, es fundamental que las medidas de control implementadas sean efectivas para garantizar la seguridad del suministro de agua (Carhuatocto, 2022).

A pesar de la presencia abundante de cuerpos de agua en diversas regiones del mundo, la única fuente de agua disponible se encuentra en los recursos subterráneos, esto se debe a que el agua superficial carece de protección ecológica contra las influencias generadas por la actividad humana, y la disponibilidad de agua subterránea está sujeta a limitaciones, estas limitaciones están determinadas tanto por la concentración de compuestos húmicos debido a un aumento en la concentración de iones de hierro (Elzain et al., 2022).

La situación actual de varias zonas del Perú en cuanto a los recursos hídricos demuestra una creciente falta de recursos. Muchas comunidades y nuevas iniciativas productivas se han visto obligadas a buscar fuentes de abastecimiento "no convencionales" debido a esta situación. Debido a su tecnología confiable y económicamente sostenible para obtener agua potable, la desalación de agua subterránea mediante el uso de sistemas de ósmosis inversa se presenta como una solución viable en este contexto, en muchos lugares, esta estrategia se ha convertido en la única opción viable, por lo tanto, el agua subterránea es un recurso crucial que juega un papel importante en la economía el cual se almacena en acuíferos subterráneos, la cantidad de agua subterránea es mucho mayor que la de los lagos o en circulación, pero es menos que la de los glaciares más grandes (Saavedra, 2021).

Los cambios en el entorno y la población causan la presencia de microorganismos nocivos en el agua. La urbanización descontrolada, el aumento de la industrialización, la propagación de la pobreza y la disposición inapropiada de excretas humanas y animales son factores que contribuyen a estos cambios, la principal fuente de contaminación del agua, según los expertos, son las aguas residuales, aproximadamente 1.800 millones de personas en todo el mundo beben agua contaminada, especialmente en áreas rurales, según estudios previos. Esto indica que la contaminación del agua es más frecuente en naciones de África, Sudeste de Asia y Latinoamérica. En estas regiones, se estima que se producen alrededor de 5 billones de casos de infecciones transmitidas por el agua cada año (Piguaye-Reyes et al., 2019).

Arrieta (2019) ha argumentado como las plantas de tratamiento de agua potable se concibe como un sistema destinado a mejorar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua, con el objetivo de hacerla apta para su uso en diversas áreas de la sociedad, este tipo de planta se encarga tanto del tratamiento de aguas superficiales como subterráneas, sin embargo, es común observar que muchas de estas plantas presentan importantes problemas de operación y mantenimiento en muchos casos el nivel tecnológico del sistema de tratamiento, no está acorde con el nivel socioeconómico de la población atendida. En diversas plantas de tratamiento se han identificado inconvenientes que incluso se originaron durante la concepción y diseño del sistema, para lograr optimizar una planta de tratamiento, es esencial llevar a cabo un análisis exhaustivo, en ocasiones, los diseñadores se centran en cumplir con las normativas y criterios hidráulico-sanitarios, descuidando aspectos fundamentales como la durabilidad y el servicio de la infraestructura, estos aspectos son de gran importancia para el funcionamiento efectivo del sistema. Investigaciones relacionadas han recomendado enfocarse en el rendimiento general de la planta, en lugar de centrarse exclusivamente en los procesos individuales, esto implica considerar

elementos como la durabilidad de la infraestructura y la calidad del servicio proporcionado, en conjunto con el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad del agua.

El agua destinada al consumo humano debe cumplir con estándares de calidad microbiológica y fisicoquímica establecidos por el Ministerio de Protección Social, asegurando la ausencia de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas y cualquier elemento perjudicial para la salud. Para lograr esto, es necesario realizar un análisis exhaustivo que incluya el tipo de fuente de agua, su estado actual, es importante realizar estudios exhaustivos de las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas del agua, así como evaluaciones de su tratabilidad, con el fin de seleccionar los procesos de potabilización más adecuados. Se enfatiza la necesidad de llevar a cabo una reingeniería en los procesos relacionados con el tratamiento y distribución del agua potable, con miras a satisfacer las demandas actuales de la población y garantizar un servicio de calidad que cumpla con los estándares requeridos, este enfoque de reingeniería implica un análisis minucioso y la implementación de mejoras que permitan cubrir las necesidades de manera eficiente y efectiva, abordando tanto aspectos técnicos como operativos (Rincón, 2016).

Proporcionar servicios de saneamiento y producción de agua potable en los hogares implica una serie de acciones, cada una de las cuales tiene un efecto positivo e inmediato en la salud de la población, para minimizar la mortalidad y la morbilidad asociadas, es esencial tener un acceso adecuado en estos servicios, las estadísticas de mortalidad por enfermedades diarreicas en niños menores de cinco años es un indicador que demuestra esta relación, por lo que el análisis de parámetros de calidad del agua tanto en el ingreso y salida de las plantas de potabilización proporciona datos pertinentes para evaluar el cumplimiento de las regulaciones vigentes, esto permite identificar los parámetros que superan los límites permitidos, lo cual es un punto crucial para llevar a cabo una reingeniería de los procesos existentes y mejorar la calidad del tratamiento del agua en las plantas. Por lo tanto, el enfoque de reingeniería tiene como objetivo optimizar los procesos de tratamiento del agua y asegurarse con el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos. A través del análisis de los datos y la identificación de áreas de mejora, es posible llevar a cabo cambios que contribuyan a brindar a la población agua de mejor calidad (Contreras, 2022).

Figura 1

Tasa de Mortandad de Enfermedades Diarreicas

	30/06/1990	30/06/1995	30/06/2000	30/06/2005	30/06/2010	21/03/2015	2020
Cobertura de agua potable %	78.4	84.6	87.8	89.2	90.9	95.3	98.8
Cobertura de alcantarillado %	61.5	72.4	76.2	85.6	89.6	92.8	99.7
Tasa de mortalidad debido a enfermedades diarreicas en menores de 5 años cada 100,000 habitantes	123.7	56.4	26.9	20.3	9.1	7.3	3.4

Nota. Tomado de Conagua (2021) y Inegi (2020) como se citó en Contreras (2022).

Con el objetivo de mejorar la calidad del agua utilizada en el cantón, el GAD San Pedro de Pelileo construyó la planta de tratamiento de agua El Tambo. En ese momento, se ignoró este recurso crucial y los fondos se destinaron a satisfacer otras necesidades esenciales de la población, además, el tipo de tratamiento diseñado en ese momento era apropiado y cumplía con los requisitos necesarios porque las normas y multas vigentes eran flexibles. Sin embargo, debido a la naturaleza del lugar de extracción, que absorbe los minerales del suelo, alterando su composición original, se encontró una alta concentración de fluoruros en la fuente de agua analizada, cuando la concentración de fluoruro se eleva por encima de los límites permitidos puede causar problemas graves en la salud de los consumidores, como la fluorosis dental y otros efectos perjudiciales, sin importar la edad. Se propone rediseñar la planta de tratamiento de agua potable para reducir la concentración del contaminante fluoruro y cumplir con los límites permitidos por la normativa aplicable para abordar esta situación, el objetivo principal de este rediseño es asegurarse de que el agua tratada sea segura para consumir protegiendo así la salud de la población, por lo tanto, en otra investigación similar se enfocó en analizar los resultados del seguimiento de 2016 y 2017, en comparación con los resultados del seguimiento de 2020, por lo que se descubrió que los parámetros no cumplían con los requisitos del DS-031-2010-SA y se propuso mejorar la calidad del agua potable en el distrito de Canta (Morales, 2022; Carhuaricra, 2020).

En el proceso de tratamiento de agua para la eliminación de metales pesados, se han desarrollado diversas estrategias, siendo los enfoques químicos, las membranas, los materiales adsorbentes y los métodos electroquímicos las opciones más destacadas en el contexto de la potabilización, mientras que los sistemas de tratamiento convencionales generalmente se asocian con menores costos operativos en comparación con tecnologías avanzadas como la ósmosis inversa, la elección del método apropiado no se basa únicamente en los aspectos financieros, también es fundamental considerar las condiciones específicas del agua en cuestión y los objetivos de potabilización que se buscan cumplir, en conformidad con las regulaciones vigentes sobre la calidad del agua en cada país. Esta selección meticulosa es esencial para garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad requeridos y, al mismo tiempo, sea un proceso eficiente y sostenible (Zúñiga-Martínez et al., 2022).

En un contexto se observa la aplicación de la reingeniería como una respuesta a los desafíos actuales que pueden surgir en las organizaciones. La reingeniería se basa en aumentar la eficiencia de los procesos con el propósito de eliminar de forma óptima las prácticas tradicionales en las operaciones de la organización. Ha demostrado éxito al rediseñar procesos y abordar los puntos problemáticos, lo que resulta las mejoras en la calidad, costos, servicios y velocidad de los procesos, relacionándose en la prestación del servicio, en consecuencia, los sistemas de reingeniería de procesos representan un cambio significativo que sigue una serie de pasos cuidadosamente supervisados para optimizar los procesos. Esto implica el reconocimiento de la necesidad de cambio y la propuesta de mejoras en la eficiencia de los procesos mediante la aplicación de rediseños y la incorporación de tecnologías avanzadas para abordar los procesos que no funcionan adecuadamente (Cabrera, 2018; Castillo, 2020).

La reingeniería de procesos puede ser aplicada en una amplia variedad de empresas, independientemente de si enfrentan desafíos significativos o se encuentran en una posición sólida en el mercado, la implementación de la reingeniería tiene el potencial de revitalizar de manera efectiva y eficiente a la empresa, impulsando mejoras continuas al rediseñar sus procesos. Esto

puede resultar en una ventaja competitiva considerable para las organizaciones, cuando se aplica la reingeniería en las plantas de tratamiento de agua en centros recreacionales, se espera una mejora en la calidad del agua potable, a su vez, puede beneficiar la calidad de vida de los clientes y visitantes, así como optimizar los procesos y reducir los costos operativos, esto implica la simplificación de tareas, la eliminación de actividades redundantes y la automatización de procesos cuando sea posible. El rediseño de los puestos de trabajo también es una consecuencia de la reingeniería de procesos. A medida que los procesos se modifican y se optimizan, es necesario redefinir las responsabilidades y roles de los colaboradores involucrados, cabe destacar que existen diversas tecnologías y sistemas de tratamiento de agua potable disponibles para facilitar un tratamiento adecuado del agua, durante los procesos de tratamiento, se realizan modificaciones para separar eficazmente los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos presentes en el agua cruda. Estos procesos y operaciones tienen como objetivo alcanzar los estándares de calidad del agua y cumplir con los límites establecidos por las normativas vigentes en diferentes países (Montalban y Sullón, 2021; Guerra, 2019).

La reingeniería de procesos emerge como la herramienta esencial que demanda la reconstrucción de los procesos, y va más allá de una simple restauración o mejora de los mismos, la reingeniería implica prácticamente la construcción desde cero, optimizando recursos y trabajando de manera ingeniosa con el objetivo de lograr un mayor valor en términos de calidad para el cliente. Esta metodología de reingeniería de procesos se revela como un componente crítico en la evaluación detallada de los procesos productivos en organizaciones industriales y ambientales, su propósito es permitir que las empresas reconfiguren sus operaciones en diversas áreas, con el resultado final de lograr optimización, calidad de servicio, por lo que se reducirán los costos mientras que la eficiencia y la eficacia aumentarán, el enfoque actual de las empresas, que incluye departamentalización y estructura de procesos, puede dificultar la comunicación y reducir la eficiencia. Como resultado, es necesario realizar un análisis completo y rediseñar la estructura organizativa, esto se hará con el fin de clarificar las funciones y responsabilidades, eliminar procedimientos inadecuados y centralizar las decisiones, como resultado, la reingeniería de procesos se presenta como una alternativa que permite concentrarse en la mejora de los procesos para obtener mejores resultados, administrar el flujo de efectivo de manera eficiente y reducir costos, asimismo, la reingeniería se considera en el enfoque continuo de mejora para tener una mejor adaptación y optimización en los procesos de cualquier organización (Olvera-Moran et al., 2023; Muñoz, 2022; INESDI, 2023).

3. METODOLOGÍA O DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para fundamentar el estudio, se llevó a cabo una investigación aplicada por lo que se propuso exponer la problemática actual (D´Aquino y Barrón, 2007), que se centró en el análisis de los procesos actuales del sistema de tratamiento de agua potable en el centro recreacional Lambayeque y ofreciendo soluciones a la problemática actual. El diseño de investigación seleccionado es cuasiexperimental, por lo cual, se busca estudiar el efecto de una variable independiente sobre una variable dependiente, ya que, se adapta a las restricciones éticas y prácticas que impiden la asignación aleatoria de participantes o grupos por lo que existen grupos en sí, formados para el experimento y por lo que nos ayuda a manipular algunas de la variables independiente en estudio (Morán y Alvarado, 2010; Hernández Sampieri et al., 2014; Hernández-Sampieri y Mendoza

Torres, 2018), además este enfoque permite la implementación de la reingeniería de procesos y la evaluación de su efectividad en la mejora de la calidad. del agua.

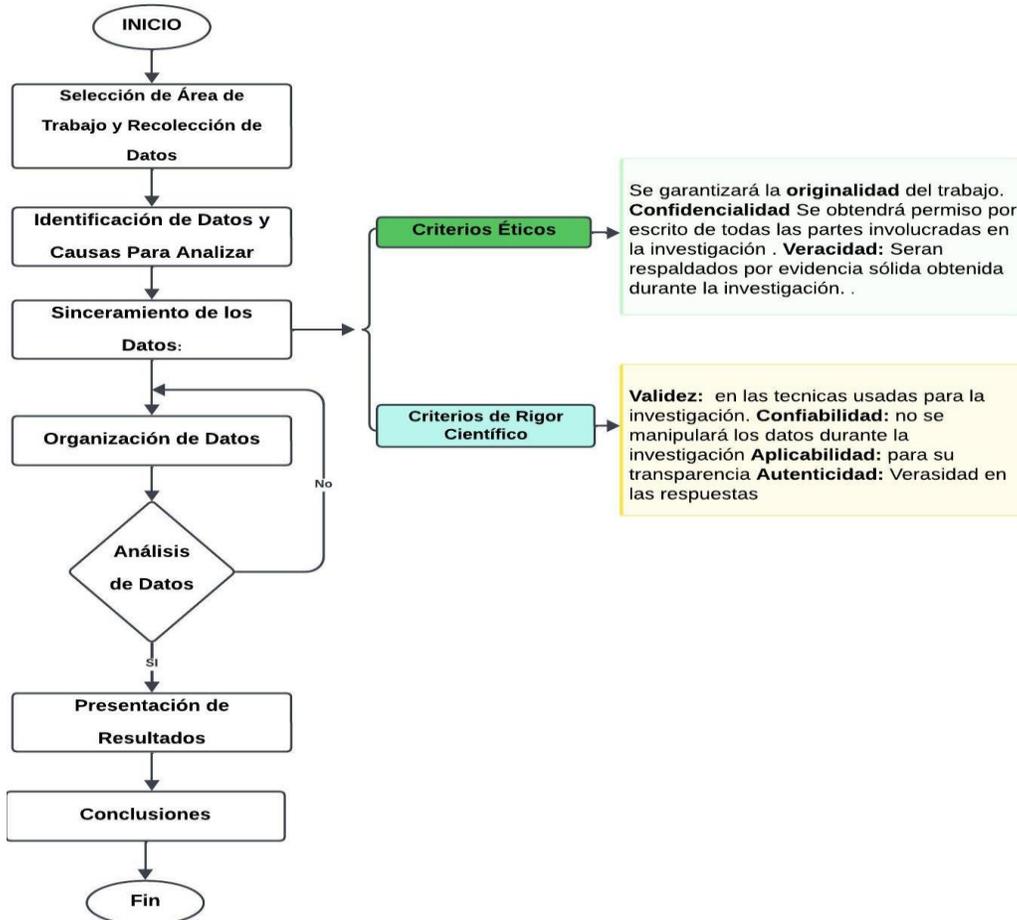
La población objetivo de este estudio incluye a todos los empleados (Mías, 2018), el cual se conforma por 40 colaboradores directos del centro recreacional Lambayeque, la elección de utilizar el 30% de la población como muestra (Escudero, 2017), se basa en una estrategia de muestreo intencional, esta muestra se selecciona deliberadamente para representar de manera significativa a la población de empleados del centro recreacional Lambayeque relacionados con el proceso de tratamiento de agua potable. Cada miembro de la muestra se eligió considerando criterios específicos, como su vínculo directo con el proceso de tratamiento, su perfil profesional, su experiencia laboral, su conocimiento de las normas y reglamentos, y su participación activa en el proceso. Esta selección intencional garantiza que la muestra sea representativa de la población (Ñaupas et al., 2014), en términos de experiencia, conocimiento y responsabilidad.

La recopilación de datos se llevó a cabo de manera rigurosa y ética, con un enfoque en obtener información precisa y relevante. La investigación se realizó en las instalaciones del centro recreacional Lambayeque, específicamente en la planta de tratamiento de agua potable, lo que permitió la obtención de datos directamente de los profesionales involucrados en el proceso. Además de la observación en tiempo real, se aplicó técnicas de recopilación de datos, como cuestionarios y entrevistas, para obtener una visión completa de la situación actual. La validación de los instrumentos de recolección de datos (Bernal, 2010), se dio mediante la opinión de expertos en el campo, lo que garantiza la calidad y la precisión de los datos recopilados, expertos calificados evaluaron los instrumentos y proporcionaron retroalimentación con el objetivo de garantizar la validez de la investigación, por lo tanto, la confiabilidad de los datos (Mendenhall et al., 2015; Navidi, 2006), se evaluó utilizando software especializado, como Excel o SPSS. La aplicación exitosa de los coeficientes alfa de Cronbach (Chavez-Barboza y Rodríguez-Miranda, 2018) se traduce en un paso crucial en nuestra investigación, al utilizar el cuestionario con la escala Likert, hemos llevado a cabo un minucioso análisis para evaluar la consistencia de las respuestas, garantizando así la confiabilidad y solidez de los datos recopilados obteniendo un resultado aceptable de 0.724 el cual califica qué técnicas usadas son confiable.

La variable dependiente de esta investigación (Gómez et al., 2010), es la "Eficiencia del proceso de tratamiento mejorado". Esta variable se mide a través de indicadores (Morán y Alvarado, 2010), como el tiempo de tratamiento, el porcentaje de remoción de contaminantes, el consumo de energía y de recursos, incluyendo productos químicos. Para recoger información de esta variable se emplearon diversas técnicas, incluyendo observación directa, registro de datos, entrevistas, análisis de laboratorio y revisión de documentos. Se consideró como variable independiente (Pimienta y De la Orden Hoz, 2017), el "Diseño del sistema de tratamiento de agua potable", esta variable se evaluó y ayudó a recoger información a través de dimensiones (Díaz, 2009), como la eficiencia de la infraestructura, grado de innovación en el diseño, nivel de automatización, cumplimiento de normas y regulaciones, flexibilidad, capacitación del personal y evaluación del desempeño del mismo, dichos instrumentos utilizados incluyen cuestionarios estructurados, listas de verificación, escalas de evaluación y guías de análisis de documentos.

Figura 2

Diagrama de Flujo del procedimiento de análisis de datos



Nota. Elaboración propia.

Comprensión y Diagnóstico del Proceso Actual:

En esta etapa, se llevó a cabo una observación detallada de los procesos de tratamiento de agua potable actuales, la observación directa (Arias González, 2020), se llevó a cabo en las instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable, durante este proceso, como investigadores realizamos inspecciones visuales detalladas de las operaciones diarias. Se prestó especial atención a los puntos críticos del proceso, como la entrada de agua cruda, los sistemas de desinfección y la infraestructura general. Se registraron observaciones en las hojas de registro (Arias González, 2020), sobre la presencia evidente de algas en el agua cruda Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, se llevó muestras de agua tratada D.S. N° 031 – 2010 – SA (Ministerio de Salud, 2011), para realizar las mediciones de parámetros físicos como PH, Cloro, Turbidez, Conductividad, determinándose resultados no determinantes como que el cloro no cumple con los estándares de calidad, además se observó que la turbidez de ingreso era más baja que la turbidez de salida del proceso de tratamiento del agua, con ello se determinó mediante la observación directa que el diseño de la infraestructura no tiene una continuidad adecuada sobre todo en el proceso de filtración, así como cualquier otro aspecto relevante para la calidad del agua y la eficiencia del tratamiento.

Tabla 1*Monitoreo de parámetros físicos**

Ingreso al Proceso				Agua tratada – Salida del proceso			
pH	Cloro	Turbidez	Conductividad	pH	Cloro	Turbidez	Conductividad
8.1	0.00	1.54	2.86	7.8	0.39	1.71	2.85

* Estos parámetros se determinaron bajo las muestras en campo y se compararon con las normas de los estándares de calidad del agua potable (Ministerio de Salud, 2011).

Nota. Elaboración propia.

En consecuencia, se procedió a medir la dureza utilizando el equipo de muestreo de campo Test Kit De Dureza HANNA - HI3812, revelando un valor de dureza de 180 mg/l CaCO₃. Es importante señalar que este valor supera los parámetros recomendados, ya que, según Pérez-López (2016), se considera que una dureza de 80 a 100 mg/L CaCO₃ es aceptable en agua potable.

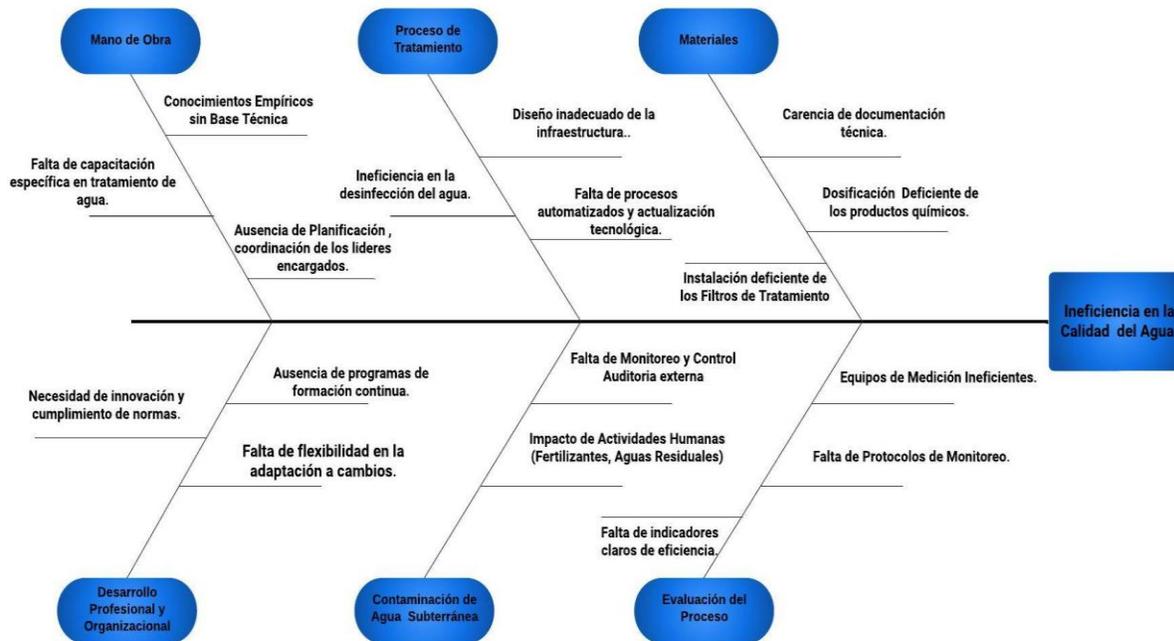
Para obtener información directa de los profesionales involucrados en el proceso de tratamiento, se llevaron a cabo entrevistas estructuradas con el personal de la planta de tratamiento de agua potable en el centro recreacional. Las entrevistas estructuradas, se complementaron con el uso de cuestionarios (Mejía, 2005), en escala Likert (Cea, 2001). Estos cuestionarios permitieron cuantificar las percepciones del personal respecto a las áreas específicas de preocupación, como la capacitación, la experiencia laboral y la percepción de los problemas existentes. Se dio especial énfasis a preguntas relacionadas con la falta de capacitación y la carencia de documentación técnica, permitiendo obtener percepciones valiosas directamente de los empleados. Además, se utilizaron hojas de registro para documentar (Mejía, 2005), aspectos cualitativos de las entrevistas, como comentarios adicionales y observaciones del equipo investigador.

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del análisis documental (Mejía, 2005) existente, relacionada con los procesos de tratamiento de agua. Esto incluyó la revisión de procedimientos operativos, manuales de operación, planos de infraestructura y cualquier otra documentación técnica disponible.

Dentro de las herramientas y técnicas de uso de la reingeniería (Alfaro, 2023), se llegó a la conclusión de utilizar el diagrama de Ishikawa el cual mostramos una cadena de causas y efectos (Izar y González, 2004), que van desde la falta de documentación técnica adecuada hasta la ineficiencia en el tratamiento de agua. Al abordar estas causas fundamentales, se pueden implementar soluciones efectivas para mejorar la gestión y calidad del sistema de tratamiento de agua en el centro recreacional Lambayeque.

Figura 3

Diagrama de Ishikawa " Ineficiencia en la Calidad del Agua"



Nota. Elaboración propia.

Dichas cadenas de las causas se verán reflejados en el diagrama de Pareto también conocido como (80-20), dicho gráfico de barras ayudó a identificar prioridades y causas relacionada a la problemática, ya que, se ordenan por la importancia que se presenta en el proceso (Gutiérrez y De la Vara, 2009).

Tabla 2

Causas de la Problemática

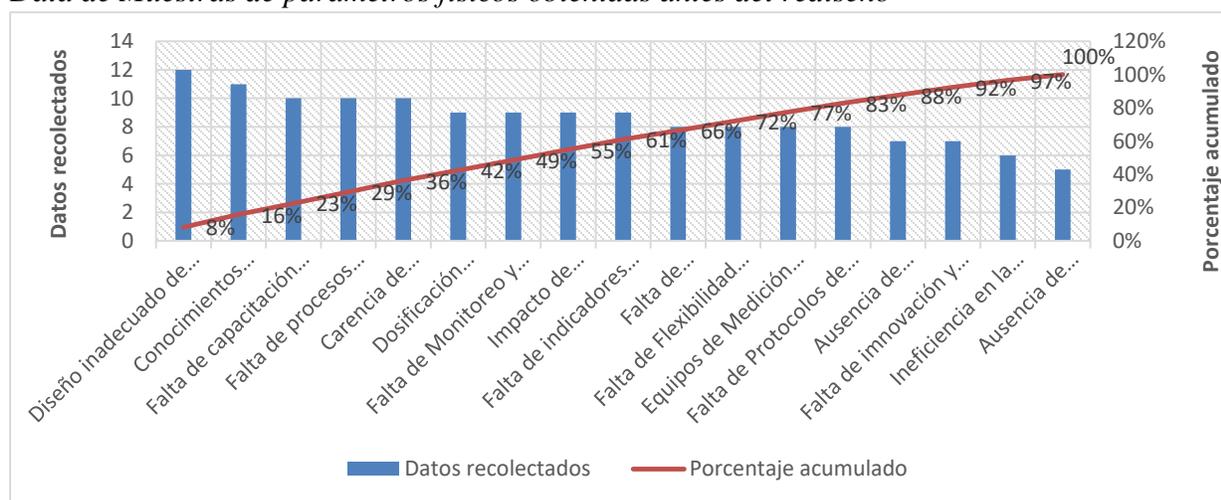
Posición real (Causas y datos ordenados)			Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado	(80 -20)
1	Diseño inadecuado de la Infraestructura	12	12	8%	8%	80.0%
2	Conocimientos mayormente empíricos	11	23	8%	16%	
3	Falta de capacitación específica	10	33	7%	23%	
4	Falta de procesos automatizados	10	43	7%	29%	
5	Carencia de Documentación Técnica	10	53	7%	36%	
6	Dosificación inadecuada de productos químicos	9	62	6%	42%	
7	Falta de Monitoreo y Control Auditoría Externa	9	71	6%	49%	
8	Impacto de Actividades Humanas	9	80	6%	55%	

9	Falta de indicadores Claros de Eficiencia	9	89	6%	61%	20.0%
10	Falta de Mantenimiento de Filtros	8	97	5%	66%	
11	Falta de Flexibilidad de Adaptación a los cambios	8	105	5%	72%	
12	Equipos de Medición ineficientes	8	113	5%	77%	
13	Falta de Protocolos de Monitoreo	8	121	5%	83%	
14	Ausencia de Planificación y Coordinación de los Líderes Encargados	7	128	5%	88%	
15	Falta de innovación y cumplimiento de los estándares	7	135	5%	92%	
16	Ineficiencia en la desinfección del agua	6	141	4%	97%	
17	Ausencia de Programas de Formación Continua	5	146	3%	100%	

Nota. Elaboración propia.

Figura 4

Data de Muestras de parámetros físicos obtenidas antes del rediseño



Nota. Elaboración propia.

En conclusión, el 77% de los problemas críticos o desafíos identificados nos proporciona una guía para priorizar los esfuerzos, enfocándonos en las áreas críticas que tienen el mayor impacto en la mejora y la eficiencia general del sistema de tratamiento de agua.

ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

En esta fase, se implementaron soluciones y mejoras para abordar las problemáticas identificadas. Para abordar la presencia de algas en el agua cruda, se realizó el rediseño del sistema de tratamiento

que forma parte de la reingeniería esto ayudará a incluir tecnologías de control de algas, como sistemas de filtración y desinfección adecuada. Se ha establecido un protocolo de monitoreo para la detección oportuna y la gestión de algas. Para abordar la falta de capacitación del personal, se ha desarrollado un programa de capacitación integral que incluye módulos específicos sobre el tratamiento de agua. Además, se ha propuesto la contratación de expertos técnicos con experiencia para proporcionar formación especializada. Para abordar la carencia de documentación técnica adecuada, se han creado manuales técnicos y guías de procedimientos actualizados, junto con la implementación de un sistema de gestión de documentos para garantizar el acceso a la información técnica necesaria. Con respecto a la contaminación de las aguas subterráneas, se han establecido sistemas de monitoreo y se ha colaborado con las autoridades ambientales.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS O HALLAZGOS

En esta fase crucial del diagnóstico de nuestro estudio, emprendimos una exploración detallada de los procesos actuales en la planta de tratamiento de agua potable en el Centro Recreacional Lambayeque, empleando técnicas y herramientas específicas como la observación directa, mediciones de parámetros físicos y entrevistas estructuradas, que proporcionaron insights valiosos, permitiendo una comprensión más profunda de la situación actual por lo que se revelaron desafíos fundamentales que han estado afectando la calidad del agua y la eficiencia del tratamiento.

En la observación directa, el 100% de las áreas operativas fueron observadas detalladamente, resaltando un diseño mal estructurado de la planta de tratamiento de agua potable, especialmente en el proceso de filtración no tiene una continuidad adecuada, también se presenció la evidente de algas en el agua cruda, una problemática clave identificada, esto se determinó por un análisis de laboratorio y monitoreo de campo. Por consiguiente, en la parte de la observación y análisis documental se reveló la carencia de información esencial, como la ausencia de manuales de operación actualizados, procedimientos detallados, y la falta de documentación sobre el diseño y la infraestructura, a esto también se efectuó hallazgo a la falta de experiencia en el tratamiento de agua potable ya que la mayoría aprendió de manera empírica. Todas estas referencias identificadas forman una barrera significativa para la gestión eficiente del sistema.

En la encuesta y cuestionario estructurado se logró plasmar que el 91.7% del personal expresó inquietudes sobre la falta de capacitación y la carencia de documentación.

Dentro de los análisis de los resultados obtenidos de laboratorio y análisis de campo del agua en su ingreso y salida del tratamiento se determinó que el agua es apta para el consumo, pero con algunas observaciones para mejorar como en ello se encuentran los parámetros físicos químicos como dureza un poco elevada, la turbidez del agua de ingreso más baja que la turbidez de salida del tratamiento de agua potable, la desinfección se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles según el DS-031-2010-SA. Como son parámetros que se miden en campo se tomaron muestras en campo durante 2 semanas constantes, antes de aplicar la reingeniería estas muestras se realizaron tomando en cuenta los parámetros físicos de los cuales los resultados fueron como se muestran en la **Tabla 3**.

Los resultados revelan un aspecto crucial en la eficiencia del tratamiento de turbidez, evaluado meticulosamente mediante el Turbidímetro portátil 2100Q de la prestigiosa marca Hach. De manera sorprendente, la eficiencia registrada presenta una discrepancia notoria: la turbidez en la salida supera la del agua de entrada, dando lugar a una ineficiencia negativa en el proceso de

tratamiento de agua potable mostrándose en la **figura 5**. Este contraste significativo, evidenciado en los datos de campo, no solo subraya la complejidad del desafío, sino que también motiva un enfoque proactivo hacia la mejora continua. Ante este escenario, se tomó la decisión de emprender la aplicación de la reingeniería integral de la planta de tratamiento de agua potable actual. Este paso estratégico no solo responde a la identificación precisa de la problemática, sino que también sienta las bases para una reingeniería efectiva del proceso de tratamiento, abriendo puertas hacia soluciones que optimizarán la calidad del agua siendo efectivas para elevar los estándares de calidad del agua en el centro recreacional Lambayeque.

Tabla 3

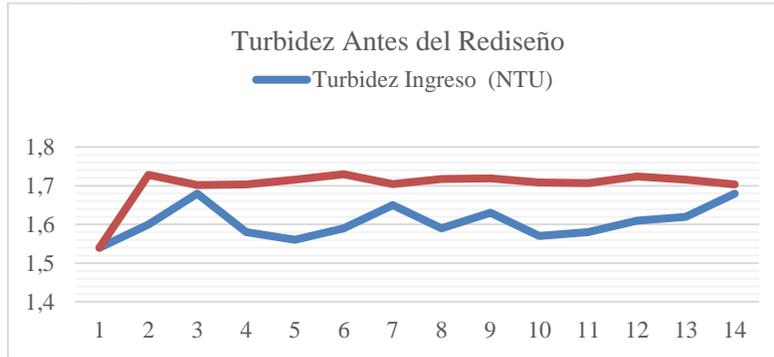
Data de Muestras de Parámetros Físicos Obtenidas Antes del Rediseño

Ingreso de Agua no tratada						Agua Tratada					
Fecha	Ph	cloro (ppm)	Turbidez Ingreso (NTU)	Conductividad (uS/cm)	Dureza (CaCO ₃)	Ph	cloro (ppm)	Turbidez Salida (NTU)	Conductividad (uS/cm)	Dureza (CaCO ₃)	Eficiencia de Filtrado
9/10/2023	8.1	0	1.54	2.86	181	7.8	0.39	1.54	2.85	193	0%
10/10/2023	8.2	0	1.60	2.77	182	7.7	0.42	1.70	2.62	195	-6%
11/10/2023	8.3	0	1.68	2.85	187	7.6	0.41	1.70	2.59	201	-1%
12/10/2023	8.0	0	1.58	2.52	195	7.7	0.41	1.71	2.52	183	-8%
13/10/2023	8.1	0	1.56	2.84	199	7.5	0.42	1.70	2.50	183	-9%
14/10/2023	8.4	0	1.59	2.66	180	7.6	0.38	1.71	2.56	188	-8%
15/10/2023	8.3	0	1.65	2.88	188	7.5	0.42	1.72	2.76	201	-4%
16/10/2023	8.3	0	1.59	2.70	191	7.6	0.37	1.72	2.46	187	-8%
17/10/2023	8.4	0	1.63	2.75	199	7.5	0.40	1.72	2.84	191	-6%
18/10/2023	8.5	0	1.57	2.64	193	7.7	0.41	1.70	2.72	203	-8%
19/10/2023	8.5	0	1.58	2.70	199	7.6	0.38	1.73	2.59	183	-9%
20/10/2023	8.4	0	1.61	2.59	189	7.6	0.39	1.72	2.58	205	-7%
21/10/2023	8.2	0	1.62	2.55	187	7.7	0.40	1.72	2.59	208	-6%
22/10/2023	8.1	0	1.68	2.57	193	7.6	0.41	1.72	2.52	195	-2%

Nota. Elaboración propia.

Figura 5

Parámetros de Turbidez antes del Rediseño



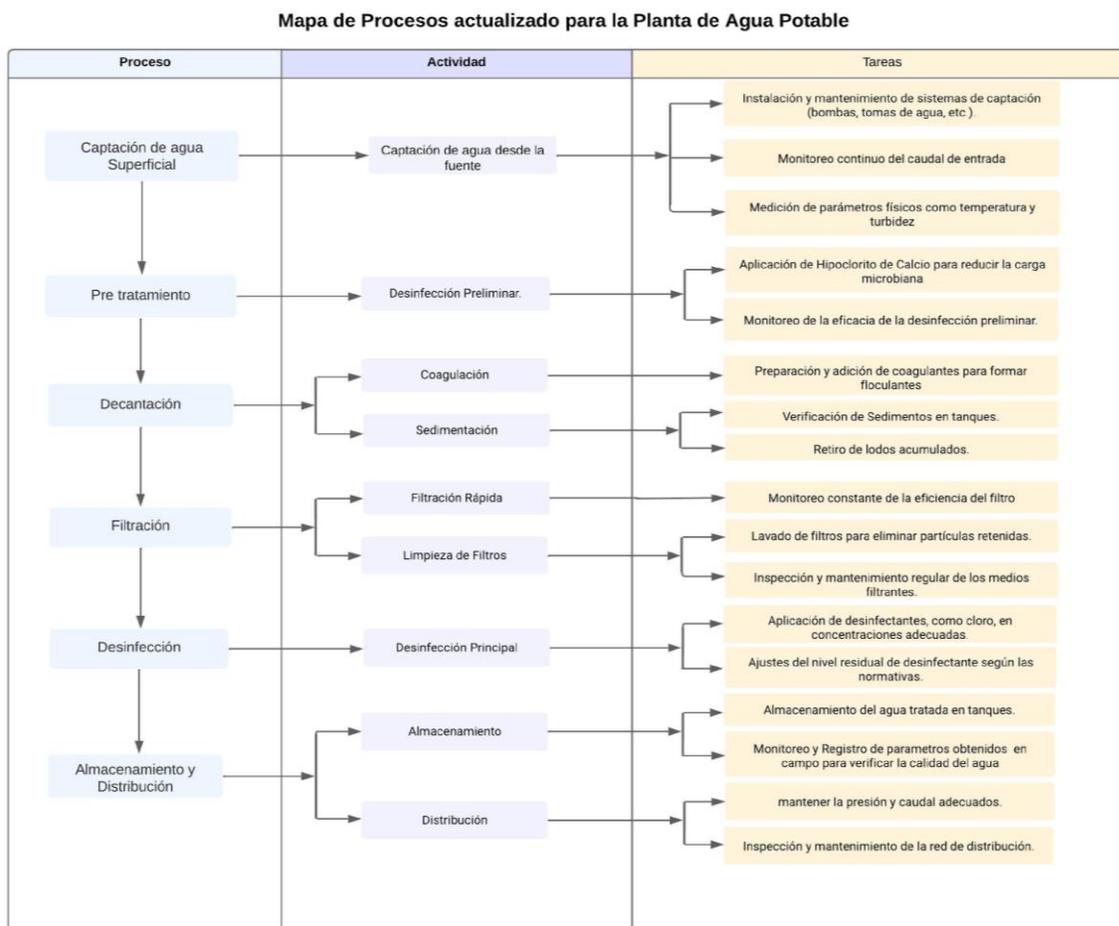
Nota. Elaboración propia.

Para aplicar el proceso de reingeniería se procedió a realizar un mapeo de los procesos, actividades y tareas de la planta de tratamiento de agua potable, el rediseño del sistema de tratamiento de agua potable, los costos que esto genera incluyendo los costos de la capacitación y por último la capacitación del personal.

Mapa de Proceso

Se detalló un extenso mapeo de los procesos existentes en el sistema de tratamiento de agua potable el cual se identificaron todas las etapas desde la entrada del agua cruda hasta la etapa final del proceso de tratamiento de agua potable.

Figura 6
Mapeo de Procesos, actividades y tareas



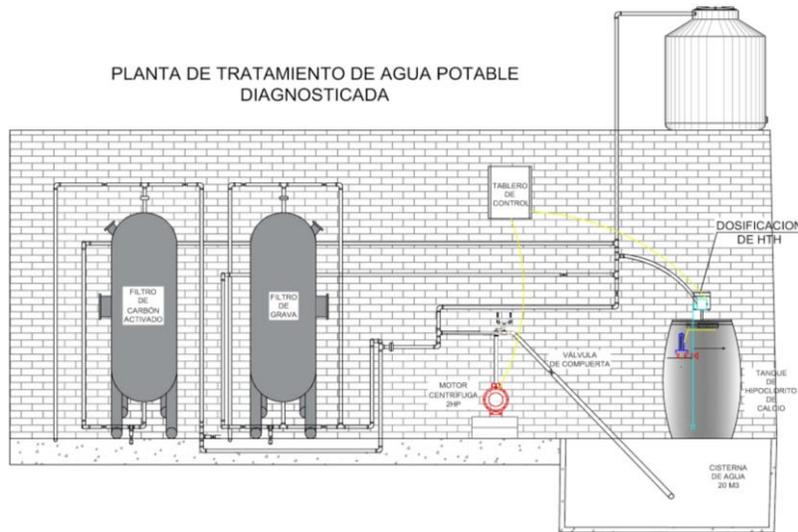
Nota. Elaboración propia.

Este exhaustivo mapa de procesos ofrece una perspectiva meticulosa de las actividades y tareas esenciales en cada proceso del tratamiento de agua potable, este enfoque minucioso no solo garantiza la calidad del agua, sino que también fortalece la seguridad del suministro entregado a los consumidores, la implementación precisa de cada tarea, desde la captación inicial hasta la distribución final, está diseñada para cumplir con los estándares de calidad del agua, destacando el compromiso inquebrantable con la excelencia en la gestión del agua potable, todo lo mencionado ayuda a realizar un rediseño más efectivo.

Rediseño del Sistema

Figura 7

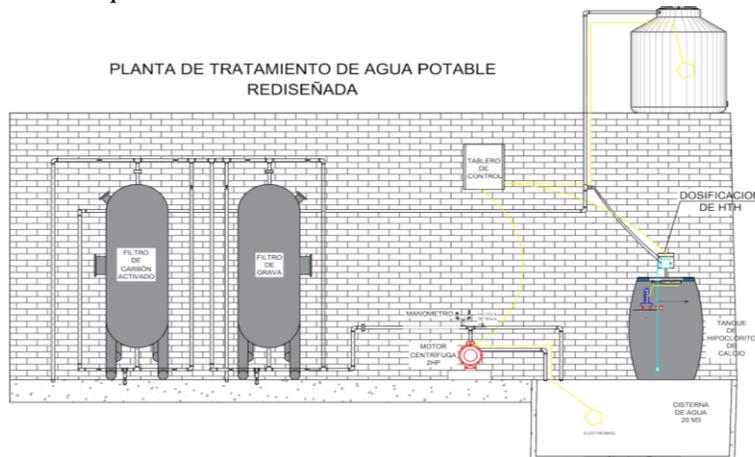
Plano de agua potable antes de rediseño



Nota. Elaboración propia.

Figura 8

Plano de Agua Potable después del Rediseño

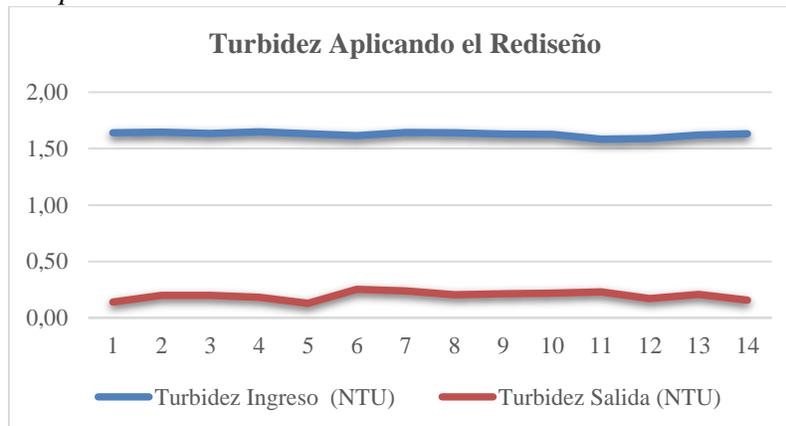


Nota. Elaboración propia.

Tras la aplicación del ambicioso rediseño en la planta de tratamiento de agua potable, los beneficios obtenidos han marcado un hito significativo en la eficiencia y calidad del sistema. Los resultados revelan una transformación integral, generando un impacto positivo que se traduce en múltiples beneficios como eficiencia mejorada, cumplimiento de estándares, reducción de costos operativos, aceptación del personal y sostenibilidad ambiental, esto se ve reflejado en la **tabla 4** y en la **figura 9**. El rediseño de la planta de tratamiento de agua potable no solo resolvió problemas, sino que abrió las puertas a una era de eficiencia, calidad y responsabilidad ambiental, estos beneficios no son solo resultados tangibles, sino testimonios vivos de nuestro compromiso con la excelencia en el suministro de agua potable.

Tabla 4*Parámetros Físicos después del Rediseño*

Ingreso de Agua no tratada						Agua Tratada					
Fecha	Ph	Cloro (ppm)	Turbidez Ingreso (NTU)	Conductividad (uS/cm)	Dureza (CaCO ₃)	Ph	Cloro (ppm)	Turbidez Salida (NTU)	Conductividad (uS/cm)	Dureza (CaCO ₃)	Eficiencia de Filtrado
30/10/2023	8.4	0	1.60	2.86	208	7.4	0.62	0.13	2.55	93	92%
31/10/2023	8.1	0	1.66	2.50	180	7.4	0.85	0.16	2.50	96	90%
1/11/2023	8.1	0	1.65	2.78	201	7.3	0.63	0.16	2.48	92	90%
2/11/2023	8.1	0	1.64	2.82	194	7.3	0.83	0.15	2.51	98	91%
3/11/2023	8.3	0	1.61	2.83	190	7.4	0.67	0.20	2.46	96	87%
4/11/2023	8.2	0	1.64	2.68	201	7.4	0.70	0.18	2.41	93	89%
5/11/2023	8.2	0	1.62	2.74	208	7.5	0.70	0.14	2.47	97	91%
6/11/2023	8.3	0	1.66	2.55	183	7.5	0.67	0.15	2.54	95	91%
7/11/2023	8.5	0	1.65	2.85	185	7.5	0.61	0.15	2.52	94	91%
8/11/2023	8.4	0	1.58	2.78	197	7.4	0.83	0.21	2.54	93	87%
9/11/2023	8.2	0	1.65	2.61	184	7.5	0.82	0.15	2.46	95	91%
10/11/2023	8.4	0	1.58	2.75	198	7.5	0.78	0.22	2.50	93	86%
11/11/2023	8.2	0	1.65	2.80	199	7.5	0.78	0.19	2.53	97	89%
12/11/2023	8.2	0	1.63	2.64	199	7.5	0.69	0.14	2.54	95	91%

Nota. Elaboración propia.**Figura 9***Turbidez eficiente después del Rediseño**Nota.* Elaboración propia.

En un sorprendente giro de los acontecimientos, la aplicación del rediseño estratégico como parte de la reingeniería ha generado resultados impactantes en la eficiencia del tratamiento de turbidez. Se ha logrado una asombrosa efectividad del 90%, indicando que la turbidez en el agua tratada es un 90% menor en comparación con el agua de entrada. Este resultado marca un hito significativo y refleja de manera contundente el éxito del rediseño implementado en la planta de tratamiento de agua potable. La transformación positiva en la calidad del agua valida nuestro enfoque proactivo y respalda la efectividad de las decisiones tomadas para mejorar el proceso de tratamiento y garantizar estándares óptimos de potabilidad.

Tabla 5

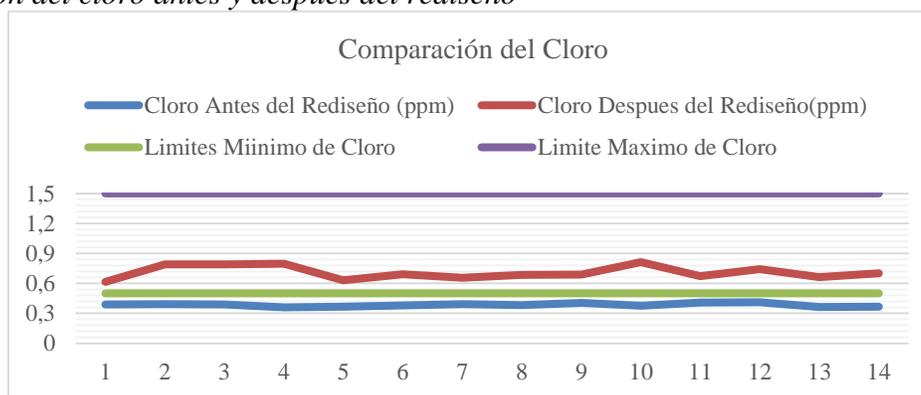
Diferencia de parámetros físicos antes y después del rediseño

Cloro Antes del Rediseño (ppm)	Cloro Después del Rediseño(ppm)	Límites Mínimo de Cloro	Límite Máximo de Cloro	Dureza Antes del Rediseño (CaCO ₃)	Dureza Después del Rediseño (CaCO ₃)	Límite Mínimo de Dureza	Límite Máximo de Dureza
0.39	0.76	0.50	1.5	196	95	80	100
0.40	0.70	0.50	1.5	200	95	80	100
0.36	0.83	0.50	1.5	198	92	80	100
0.39	0.70	0.50	1.5	210	99	80	100
0.37	0.81	0.50	1.5	199	96	80	100
0.39	0.60	0.50	1.5	201	93	80	100
0.38	0.68	0.50	1.5	207	97	80	100
0.39	0.84	0.50	1.5	203	95	80	100
0.39	0.64	0.50	1.5	207	93	80	100
0.37	0.66	0.50	1.5	203	98	80	100
0.38	0.69	0.50	1.5	191	91	80	100
0.39	0.63	0.50	1.5	207	91	80	100
0.37	0.74	0.50	1.5	190	98	80	100
0.38	0.70	0.50	1.5	205	94	80	100

Nota. Elaboración propia.

Figura 10

Comparación del cloro antes y después del rediseño

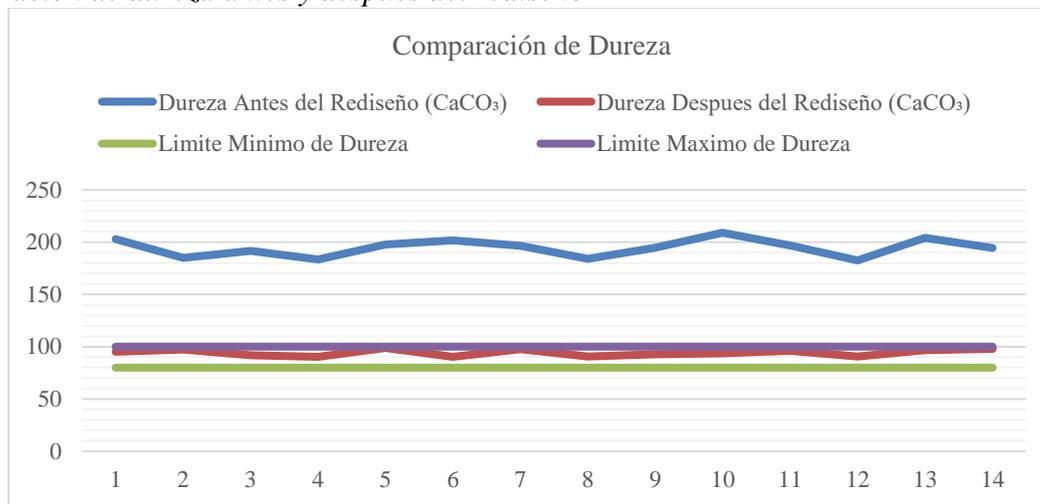


Nota. Elaboración propia.

En cuanto a la eficiencia de la desinfección, los niveles de cloro ahora cumplen con los estándares de calidad, garantizando una desinfección efectiva del agua mostrado en la **tabla 5** y **figura 10**. Este cambio positivo refleja la excelencia del rediseño implementado en la planta de tratamiento de agua potable, confirmando su impacto positivo en múltiples aspectos clave del proceso. Estos resultados refuerzan la validez y eficacia de nuestra estrategia de reingeniería, consolidando la planta como un modelo de eficiencia y calidad en el tratamiento de agua potable.

Figura 11

Comparación de dureza antes y después del rediseño



Nota. Elaboración propia.

En detalle, la dureza del agua, medida con el equipo de muestreo de campo aplicado con el Test Kit De Dureza HANNA - HI3812, ha experimentado una reducción significativa en la dureza del agua, disminuyendo de 180 mg/l CaCO₃ en promedio, alcanzando a un nivel óptimo de 94 mg/l CaCO₃ en promedio estos resultados se muestran en la **tabla 5** y en la **figura 11**, este cambio positivo significa que la calidad del agua potable ha mejorado considerablemente, cumpliendo con los estándares recomendados para un suministro seguro y saludable.

Costo del Rediseño

Tabla 6

Costo total de aplicar la Reingeniería

Ítems	Descripción	Precio
Evaluación y Análisis Inicial	Estudios detallados sobre el rendimiento actual del sistema.	S/ 1,000.00
	Análisis de la calidad del agua y sus parámetros para identificar áreas críticas	S/ 1,353.00
Reingeniería de la Infraestructura	Rediseño en los procesos de filtración para aumentar la eficiencia (Desmontaje y Montaje de Filtros)	S/ 1,500.00

	Actualización de sistemas de desinfección para cumplir con estándares.	S/ 500.00
	Automatización en la distribución del agua hasta para optimizar la eficiencia operativa.	S/ 800.00
	Materiales para la instalación	S/ 1,300.00
Capacitación y Desarrollo de Manuales	Programas de capacitación para el personal sobre nuevos procedimientos.	S/ 300.00
	Programas de formación intensivos para todo el personal de la planta.	S/ 500.00
	Creación de manuales de operación actualizados y detallados	S/ 670.00
Total		S/ 7,923.00

Nota. Elaboración propia.

Capacitación del personal, desarrollo de procedimientos y manuales de operación

Tras la implementación de capacitaciones y el saneamiento de la documentación en el Centro Recreacional en Lambayeque, se evidenció un notorio incremento en el conocimiento del personal sobre nuevos procedimientos y tecnologías. La claridad proporcionada por manuales actualizados redujo errores operativos, mejorando la comprensión de roles y responsabilidades. Se logró un riguroso cumplimiento de normas respaldado por documentación actualizada, optimizando procedimientos y eliminando redundancias para una eficiencia operativa mejorada. La confianza del personal aumentó al abordar desafíos operativos, y registros mejorados facilitaron la monitorización continua, indicando una contribución significativa a la mejora general de procesos y eficiencia en el tratamiento de agua.

5. CONCLUSIONES

El análisis de la situación actual del sistema de tratamiento de agua en el centro recreacional en Lambayeque revela desafíos como deficiencias en infraestructura, procesos obsoletos y preocupaciones sobre la calidad del agua, fundamentando una intervención necesaria.

Los análisis de laboratorio y campo del agua, en su ingreso y salida del tratamiento, revelan datos precisos. Se identifican contaminantes, niveles de tratamiento y variaciones significativas, subrayando la urgencia de la reingeniería.

La determinación del proceso de reingeniería se fundamenta en datos concretos y comprensión profunda de las limitaciones actuales. La implementación de tecnologías innovadoras, optimización de procesos y actualización de la infraestructura son aspectos clave identificados para mejorar eficazmente la calidad del agua.

El cálculo del presupuesto total del rediseño se sustenta en la necesidad de abordar cada aspecto identificado durante el diagnóstico y la reingeniería. Cada partida presupuestaria se vincula directamente con la mejora de la infraestructura, la adquisición de tecnologías avanzadas y la capacitación del personal, asegurando una asignación eficiente de recursos.

El desarrollo de la capacitación, memoria descriptiva y manual técnico de operación se basa en un enfoque integral. La capacitación se orienta a abordar las necesidades específicas del personal, mientras que la documentación respalda la eficaz gestión de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). Estos recursos son fundamentales para garantizar la continuidad operativa y el mantenimiento de los estándares de calidad.

6. REFERENCIAS

- Alfaro, R. (2023). Reingeniería de Procesos como una Herramienta para la Mejora de la Productividad en las Empresas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 1623-1641. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7835
- Arias Gonzáles, J. L. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica*. (1ª ed.). Enfoques Consulting EIRL.
- Arrieta, J. (2019). Recomendaciones para diseño y optimización de plantas de tratamiento de agua potable, considerando aspectos de funcionalidad y durabilidad. *Prospectiva*, 17(2), 47-52. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15665/rp.v17i2.1732>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (3ª ed.). Pearson Educación
- Cabrera, L. (2018). *Propuesta de reingeniería en los procesos de almacenaje de la empresa de servicios internacionales Aeroportuarios Talma SAC para la reducción de quejas por los servicios ofertados proyectados al 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/1656>
- Carhuaricra, M. (2020). *Propuesta de mejoramiento de la calidad de agua potable en el distrito de Canta 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/4269>
- Carhuatocto, S. (2022). *Relación entre la calidad del agua superficial para el consumo humano y las enfermedades bacterianas intestinales en la población del distrito de la coipa, provincia San Ignacio - Cajamarca 2020* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5058>
- Castillo, S. A. (2020). *Reingeniería del proceso de solicitudes de evaluación de Jubilación Anticipada Ordinaria en una Administradora de Fondos de Pensiones Abece* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/items/61b4fc0c-e66d-4915-85cd-f0a2afa71d2a>
- Cea, M. Á. (2001). *Metodología Cuantitativa Estrategias y Técnicas de Investigación Social*. Editorial Síntesis, S.A.
- Chavez, A. y Nina, D. (2022). *Técnicas de tratamiento para la remoción de nitrato en aguas subterráneas: Revisión sistemática* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91963>

- Chaves-Barboza, E. y Rodríguez-Miranda, L. (2018). Análisis de confiabilidad y validez de un cuestionario sobre entornos personales de aprendizaje (PLE). *Revista Ensayos Pedagógicos*, 13(1), 71-106. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rep.13-1.4>
- Contreras, E. (2022). *Evaluación de la operación de plantas potabilizadoras municipales que incluyen ósmosis inversa entre sus procesos, localizadas en la Alcaldía Iztapalapa* [Trabajo de grado de especialización, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/RepoFi/18192>
- D' Aquino, M. y Barrón, V. (2007). *Proyectos y Metodologías de la Investigación*. Editorial Maipue.
- Decreto supremo N° 004-2017 Minam [El presidente de la Republica Peruana]. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. 7 de junio de 2017. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/ds-004-2017-minam.pdf>
- Delgado, M. y Campos, W. (2019). *Diseño del mejoramiento de los servicios de agua potable y saneamiento de los centros poblados de Vichayal y los Cajusoles, del distrito de Tuman, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4363>
- Díaz, V. P. (2009). *Metodología de la investigación científica y bioestadística para profesionales y estudiantes de ciencias de la salud*. (2ª ed.). Ril Editores.
- Elzain, H., Chung, S., Senapathi, V., Sekar, S., Lee, S., Roy, P., Hassan, A., Sabarathinam, C. (2022). Comparative study of machine learning models for evaluating groundwater vulnerability to nitrate contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 229, <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113061>
- Escudero, D. (2017). *Metodología del trabajo científico: proceso de investigación y uso de SPSS*. Editorial Universidad Adventista del Plata.
- Fernández, Y. (2021). *La fitorremediación con Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) en la remoción del agua dura del distrito de Reque – Chiclayo 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85041>
- Gómez, M. Á., Deslauriers, J. P. y Alzate, M. V. (2010). *Como hacer Tesis de maestría y doctorado, investigación, escritura y publicación*. Ecoe Ediciones.
- Guastay, E., Gil, D. y Peñaherrera-Larenas, F. (2018). Reingeniería de los procesos en las empresas privadas. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/08/reingenieria-empresas-privadas.html>

- Guerra, N. (2019). *Reingeniería de Procesos Aplicada a los niveles de Atención al cliente de Mannucci Diesel S.A.C.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional De Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15820>
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. McGRAW-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ª ed.). McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. McGRAW-Hill Interamericana Editores, S.A.
- INESDI. (11 de abril de 2023). *Reingeniería: concepto y etapas*. <https://www.inesdi.com/blog/reingenieria-concepto-y-etapas/>
- Izar, J. M. y González, J. H. (2004). *Las 7 Herramientas Básicas de la Calidad*. Editorial Universitaria Potosina.
- Martínez, A. (2017). *Diseño de reingeniería de procesos internos de una empresa dedicada a la construcción del estado de Tlaxcala* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico Nacional de México]. <https://rinacional.tecnm.mx/handle/TecNM/638?locale=fr>
- Mejía, E. (2005). *Técnicas e instrumentos de investigación* (1ª ed.). Unidad de Post Grado de la Facultad de Educación de la UNMSM.
- Mendenhall, W., Beaver, R. J. y Beaver, B. M. (2015). *Introducción a la Probabilidad y Estadística*. (14ª ed.). Cengage Learning Editores, S.A.
- Mías, C. D. (2018). *Metodología de investigación, estadística aplicada e instrumentos neuropsicología: guía práctica para investigación*. Editorial Brujas.
- Ministerio de Salud. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud. Lima: El Peruano. http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
- Montalban, J. y Sullón, A. (2021). *Propuesta de Mejoramiento de Planta de Tratamiento de Agua Potable, Caserío San Juan de la Virgen, Ignacio Escudero, Sullana- Piura* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75318>
- Morales, M. (2022). *Rediseño del sistema de tratamiento de la planta de agua potable El Tambo del cantón Pelileo, para mejorar la remoción de fluoruros* [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/18019>

- Morán, G. y Alvarado, D. (2010). *Métodos de Investigación*. Pearson Educación. <https://mitrabajodegrado.files.wordpress.com/2014/11/moran-y-alvarado-metodos-de-investigacion-1ra.pdf>
- Muñoz, J. (2022). *Propuesta de mejora de Reingeniería, a partir de los procesos operativos en la empresa Belucci Cueros SAS* [Tesis de pregrado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/15289>
- Navidi, W. (2006). *Estadísticas para Ingenieros y Científicos*. McGraw-Hill.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E. y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. (4ª ed.). Ediciones de la U.
- Olvera-Moran, B., Solís-Ferrer, H. E., Chica-Castro, L. (2023). La Reingeniería de los procesos en las industrias manufactureras en tiempos de postpandemia. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 6(12), 64-78. <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0104>
- Pérez-López, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 3-14. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5710308.pdf>
- Piguave-Reyes, J. M., Castellano-González, M. J., Macías-Avia, A. M., Vite-Solórzano, F. A., Ponce-Pibaque, M. D. y Ávila-Ávila, J. A. (2019). Calidad microbiológica del agua subterránea como riesgo epidemiológico en la producción de enfermedad diarreica infantil. Revisión Sistemática. *Kasmera*, 47(2), 153-173. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3556409>
- Pimienta, J. y De la Orden Hoz. (2017). *Metodología de la Investigación* (3ª ed.). Pearson Educación.
- Rincón, L. (2016). *Reingeniería y optimización de sistema de filtración, desinfección y bombeo de planta de tratamiento de agua potable PTAP Trinidad, Departamento de Casanare* [Tesis de pregrado, Universidad de Pamplona]. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1780>
- Saavedra, J. (2021). *Desalación de agua subterránea mediante sistema osmosis inversa como propuesta para la provisión de agua potable en la margen izquierda del río Piura-districto de Tambogrande-Piura* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2659>
- Zúñiga-Martínez, S., Ibáñez-Hernández, O. F., Salas Plata-Mendoza, J. A., Flores-Tavizón, E. y Velázquez-Angulo, G. (2022). Métodos de remoción de metales en aguas para consumo humano: Una revisión. *Cultura Científica y Tecnológica*, 19(2), 12-27. <https://doi.org/10.20983/culcyt.2022.2.3.1>