

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Mejora del tratamiento de agua en la Clínica Nefrolife Perú para optimizar el proceso de hemodiálisis en pacientes renales

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Rosario Garcia Neira

ASESOR

William Enrique Escribano Siesquen

<https://orcid.org/0000-0003-3086-1170>

Chiclayo, 2023

**Mejora del tratamiento de agua en la Clínica Nefrolife Perú para
optimizar el proceso de hemodiálisis en pacientes renales**

PRESENTADA POR

Rosario Garcia Neira

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Joselito Sánchez Pérez

PRESIDENTE

Abel Enrique González Wong

SECRETARIO

William Enrique Escribano Siesquen

VOCAL

Dedicatoria

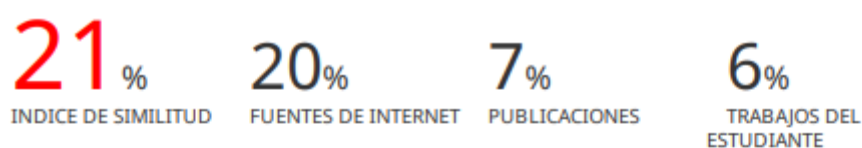
A mis padres Hipólito y María, por ser los pilares de mi vida.

A mi familia, por ser mi soporte de superación.

Agradecimientos

A los ingenieros Santos Confesor Gabriel Blas, Abel Enrique González Wong y William Enrique Escribano Siesquen, por brindarme su asesoría y apoyo en el transcurso de la asignatura y desarrollo de esta tesis.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	www.docstoc.com Fuente de Internet	1%
5	scholars.mssm.edu Fuente de Internet	1%
6	renatiqa.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Revisión de literatura	10
Materiales y métodos	15
Resultados y discusión	17
Conclusiones	31
Recomendaciones.....	32
Referencias	33
Anexos.....	36

Resumen

El presente trabajo de investigación propone la mejora del tratamiento de agua en la clínica Nefrolife Perú para optimizar el proceso de hemodiálisis en pacientes renales. Se realizó el diagnóstico del proceso de tratamiento de agua mediante mediciones en el que se observaron algunos parámetros fuera de su rango normal: conductividad $7 \mu\text{S}/\text{cm}$, pH 7,7 y dureza $27 \text{ mg}/\text{L}$, averías en los equipos de producción de agua: Err3 en filtro ablandador 1 y Olf en Filtro de carbón activado los cuales interfieren y dañan el proceso, agregado a ello se conoció la contaminación microbiológica y de endotoxinas mediante el método SMEWW APHA AWWA-WEF, Part,3500-Na 23nd.Ed-Flame Emission photometric Method 2017 y tiras reactivas Watr Check TM2 resultando $> 100 \text{ UFC}/\text{ml}$ y $> 0,25 \text{ UE}/\text{ml}$, basados en el diagnóstico se formuló la propuesta de mejora donde se determinó el porcentaje y volumen de utilización de los desinfectantes y se elaboró los procedimientos para la desinfección del sistema de tratamiento de agua, conllevando a un aumento en la producción de agua tratada de un 66,7% y reduciendo la contaminación química y bacteriana en casi la totalidad de sus parámetros; por último, se estableció formatos de control que servirán para monitorear y dar seguimiento de manera continua al sistema de agua tratada. Se evaluó el aspecto económico financiero con un TMAR de 30,4%, y se obtuvo un VAN de S/. 46,154 y un TIR de 65,4%; concluyendo en la viabilidad del proyecto en términos técnicos y económicos.

Palabras clave: Hemodiálisis, sistema de tratamiento de agua, endotoxinas, filtro ablandador.

Abstract

This research work proposes the improvement of water treatment in the Nefrolife Peru clinic to optimize the hemodialysis process in kidney patients. The diagnosis of the water treatment process was carried out through measurements in which some parameters were observed outside their normal range: conductivity 7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 7,7 and hardness 27 mg/L, breakdowns in the water production equipment : Err3 in softener filter 1 and Olf in activated carbon filter which interfere and damage the process, added to this, microbiological and endotoxin contamination was known by means of the SMEWW APHA AWWA-WEF method, Part,3500-Na 23nd.Ed- Flame Emission photometric Method 2017 and Watr Check TM2 reactive strips resulting > 100 CFU/ml and $> 0,25$ EU/ml, based on the diagnosis, the improvement proposal was formulated where the percentage and volume of use of the disinfectants were determined and elaborated the procedures for the disinfection of the water treatment system, leading to an increase in the production of treated water of 66,7% and reducing chemical and bacterial contamination in almost all of its parameters; Finally, control formats were established that will serve to continuously monitor and follow up the treated water system. The economic-financial aspect was evaluated with a TMAR of 30,4%, and a NPV of S/. 46,154 and an IRR of 65,4%; concluding in the feasibility of the project in technical and economic terms.

Keywords: Hemodialysis, water treatment system, endotoxins, softener filter.

Introducción

En todo el mundo, la importancia sobre el índice de contaminación microbiológica del agua empleada para el tratamiento de diálisis es fundamental porque puede evitar o aminorar el peligro de contaminación en pacientes que se exponen a 20 000 o 25 000 litros de agua por intermedio de la membrana cada año [1]. Por lo tanto, es necesario tratar el agua doméstica mediante un pretratamiento para reducir la posibilidad de contaminación y tomar todas las medidas para asegurar una excelente calidad de agua en la entrada del sistema de diálisis y durante todo el proceso; puesto que la empresa tiene el compromiso de brindar un servicio íntegro y de calidad.

En Cuba, el procedimiento de tratamiento del agua se traduce en calidad química y microbiológica, que es uno de los requerimientos esenciales del proceso de diálisis. Durante aproximadamente diez años en la década de 1990, la calidad del agua de diálisis se evaluó a partir de varios tipos de sistemas de proceso: ósmosis inversa, desionizadores y ablandadores [2]. El agua contaminada empleada en diálisis es una de las tantas causas de infección en los pacientes [3].

Actualmente en el Perú el tratamiento de hemodiálisis requiere de ciertos parámetros establecidos, uno de ellos y el principal es el agua tratada con el que se va realizar, de este modo el agua potable, usado para consumo humano, no es apta para este tipo de procedimiento médico, por ende, necesita ser limpiado [4]. El agua utilizada para producir líquido de diálisis contiene diferentes cantidades de impurezas: partículas, minerales y coloides, sustancias disueltas y microorganismos con sus productos de degeneración. Desde una perspectiva generalizada, estos se pueden clasificar en contaminantes químicos y microorganismos [5].

Así pues, tenemos que en la ciudad de Chiclayo existen once centros que brindan servicio de hemodiálisis, todos cuentan con sistema de tratamiento de agua que incluyen filtros ablandadores, carbón activado y multimedia, y muchos más implementos que hacen posible obtener agua purificada con un índice de conductividad de nivel 0, siendo este, el adecuado para un buen tratamiento de diálisis; el mismo que es de vital importancia puesto que la contaminación del agua empleada para diálisis es una de las razones más importantes de infección en los pacientes expuestos a este tipo de procedimiento. Las consecuencias que estas infecciones ocasionan para estos pacientes son atroces, ya que en la mayoría de las ocasiones terminan con la muerte del paciente, luego de un largo período de sufrimiento con costos sociales y económicos [1]. Según un informe emitido por Essalud [6] del Hospital Almanzor Aguinaga Asenjo la contaminación del agua tratada por osmosis inversa de su planta de tratamiento excedía los límites permitidos obteniendo 150 UFL/ml y 0,50 UE/ml, para lo cual

propuso establecer procedimientos que le permitan conseguir una calidad de agua para hemodiálisis lo más pura posible y al menor costo.

Tal es el caso de Nefrolife Perú SAC, esta es una empresa que presta servicios de nefrología a pacientes con insuficiencia renal realizando servicio de hemodiálisis, para lo cual se requiere de tratamiento de agua para llevar a cabo dicho procedimiento. En los últimos meses los altos niveles de contaminación se vieron reflejados en los exámenes microbiológicos y de endotoxinas realizados al agua tratada y líquido dializante, los mismos que arrojaron resultados fuera del rango establecido, excediendo las 100 UFC/ml permitidos en los resultados microbiológicos y sobrepasando los 0,25 UE/ml admitidos en endotoxinas; agregado a ello la producción de agua se redujo considerablemente, llegando a 180 galones hora, lo cual implica desabastecimiento de agua para las máquinas que trabajan con este líquido elemental y por ende reducción de atenciones (ver anexo número 20); todo esto a causa de los malos procedimientos que se le está dando al proceso de tratamiento de agua como tal; los resultados obtenidos en cuanto a contaminación están fuera de los límites establecidos, lo que preocupa de gran manera porque pueden causar efectos adversos en los pacientes tales como reacciones pirógenas que se traducen en fiebre, vómitos, escalofríos; así como también la empresa se expone a recibir cuantiosas multas y pérdidas de capital por incumplimiento, por ende la prioridad de toda institución prestadora de servicios de salud (IPRESS) es garantizar un buen tratamiento al paciente que conlleve a mejorar su calidad de vida. Por consiguiente, se busca mejorar el proceso de purificación de agua en la clínica para conservar los estándares de calidad y asegurar la atención en beneficio de los clientes dependientes de hemodiálisis.

Con respecto a la problemática anterior surge la siguiente pregunta ¿Cómo mejorar el tratamiento de agua en la clínica Nefrolife Perú para optimizar el proceso de hemodiálisis en pacientes renales?, teniendo en cuenta lo antes mencionado es que la investigación tiene como principal objetivo proponer una mejora al tratamiento de agua en la clínica Nefrolife Perú para optimizar el proceso de hemodiálisis en pacientes renales; teniendo como objetivos específicos realizar el diagnóstico del proceso de tratamiento de agua mediante un análisis fisicoquímico y microbiológico, elaborar una propuesta de mejora del proceso de tratamiento de agua y evaluar el análisis económico financiero de la propuesta.

El desarrollo de esta investigación, brindará lineamientos que contribuyan con la mejora del proceso de tratamiento de agua, reduciendo la aparición de contaminantes en el agua tratada, y contribuyendo al cuidado de la salud de manera segura en los pacientes dependientes de hemodiálisis, de la misma forma, se busca evitar posibles procesos legales con los pacientes por presentar intoxicaciones severas y atender contra su salud, puesto que los análisis mensuales

del agua tratada ponen en evidencia los malos procedimientos del proceso, agregado a ello, la empresa que es evaluada y calificada por el Fondo Intangible Solidario de Salud (FISSAL) está propensa a ser penalizada o a recibir multas por malas prácticas de calidad en el servicio que esta presta, bajo esta premura se busca evitar todo tipo de situaciones negativas y contribuir al cuidado y preservación de la salud por ser este un derecho universal.

Revisión de literatura

Echeverry, García [7], en su investigación “Propuesta de aplicación de herramientas TPM a una planta de agua para Hemodiálisis”, tuvieron como objetivo proponer una estrategia de mejora continua utilizando 6S e ILUO como herramientas de TPM, y así mejorar los estándares de calidad de la planta de agua de osmosis inversa, la metodología empleada, fueron las herramientas de TPM: 6S e ILUO, obteniendo como resultados la disminución de fallas de los equipos en un 60% y mejorando de esta manera el proceso de agua para Hemodiálisis. Esta investigación aportará las herramientas de mejora a utilizar en el presente proyecto.

León [8], en su investigación “Aumento de capacidad de planta de tratamiento de agua para Hemodiálisis con ósmosis inversa en CENAG SA”, tuvo como objetivo proponer el incremento de la capacidad de la planta de tratamiento de agua para hemodiálisis con osmosis inversa, utilizando como metodología deductiva, descriptiva, cuantitativa los diagramas de Pareto e Ishikawa, diagramas de flujo de procesos. Obtuvo como resultado una capacidad de 132 pacientes al año, 100% de eficiencia, con una tasa TIR de 34,30% y una VAN de \$ 292 002,17, superior a la inversión inicial de \$ 178 886,36, reembolsable en el tercer año, por lo que se demuestra su factibilidad.

Toro [9], en su investigación “Automatización y modernización al sistema de sanitización de la planta de tratamiento de agua de la unidad de Hemodiálisis Hospital CASE Essalud”, tuvo como objetivo diseñar, actualizar, implementar y poner en acción un sistema automático aplicado al proceso de sanitización. La metodología utilizada en el proceso de potabilización del agua del servicio de hemodiálisis del Hospital CASE Essalud se basó en Controlador Lógico Programable (PLC) marca SIEMENS, Interfaz Hombre Máquina (HMI) y diversos sensores y actuadores electrónicos de uso industrial, todo esto para orientar las diferentes etapas de este proceso. Con los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos del agua medida en la red de distribución de agua por la empresa química “Procein”, confirmó que el producto de desinfección automática es satisfactorio.

Rahmati, Homel, and Levin [10], in your research “The Role of Improved Water Quality on Inflammatory Markers in Patients Undergoing Regular Dialysis”, hemodialysis uses

considerable portions of water for the preparation of dialysis fluid. This water meets both national and international standards, however there is usually a notable difference between these standards in relation to microbiological purity. This research gathered and summarily studied how to improve water systems as determined by US standards to those established by European standards based on clinical standards associated with contamination in four metropolitan dialysis centers over two periods. Two stages were contrasted, three months before and six months after the improvement of the water treatment systems. The total monthly portion of epos and intravenous iron supplanting in each patient treated in the same way were contrasted in these stages. Samples with significant pre-post disparities were calculated using varied prototypes to regulate the causes of confounding. The results expressed considerable advances in hemoglobin, ferritin and TSat (all $p < 0.0001$) and albumin ($p = 0.0001$) related to an improvement in water quality. Likewise, reductions in CRP and creatinine were noted (both $p < 0.0001$). These data indicate that the current US microbiological limits for water and dialysis fluid are inappropriately set, and should be considered lower, as such a setting is evidenced by improved markers of contamination.

R. Rivas Guevara [11], en su investigación “Mejora del proceso de producción de agua tratada mediante rediseño de los sistemas de ósmosis inversa del Hospital II Reátegui Delgado ESSALUD Piura, 2018”, tuvo como objetivo precisar en qué medida se mejoraría el proceso de generación de agua tratada a raíz del rediseño del sistema de ósmosis inversa de Reátegui Delgado ESSALUD Piura, Hospital N° 2 en el año 2018. La metodología empleada implicó el análisis directo de las diversas operaciones que se gestionan en la empresa, en base a ello aplicó distintas herramientas: formatos para calcular la capacidad de producción, para contar las mermas y para establecer el tiempo de producción del llenado del recipiente de almacenamiento. Obtuvo como resultados que hubo un aumento del 27,6% en todas las capacidades de producción, después de emplear el rediseño, en relación a las mermas se consiguió que estas son levemente superiores a los valores previo del rediseño. Finalmente, se obtuvo un tiempo de llenado mayor al que había antes del rediseño. Su aporte para con la investigación será contribuir a otorgar los procedimientos a realizar para llevar a cabo un aumento de producción de agua.

Acero, Farías [12], en su investigación “Modelo de adecuación del sistema integrado de gestión para la mejora de la calidad en la planta de tratamiento de agua de la unidad de hemodiálisis del Hospital Nacional Edgardo Rebagliatti Martins”, tuvieron como objetivo establecer un patrón de ajuste del sistema integrado de gestión para mejorar la calidad en la planta de tratamiento de agua de dicho centro, la metodología empleada fueron las normativas

ISO 9001:2008; ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007; obteniendo como resultados que la implementación de un SIG permitió estandarizar los métodos y procesos de trabajo, ofreciendo producto de calidad al usuario.

Asimismo, E. E. Sarceño Zepeda [13], en su investigación “Evaluación del sistema que alimenta agua tratada a las máquinas de hemodiálisis donde son conectados los pacientes del centro médico militar que padecen insuficiencia renal”, tuvo como objetivo definir si el sistema de alimentación y tratamiento de agua a las máquinas de hemodiálisis del Centro Médico Militar acata las cláusulas mínimas necesarias hacia el buen tratamiento de los pacientes con enfermedad renal y plantear las mejoras que se necesita realizar a dicho sistema, la metodología incluyó técnicas de investigación tales como entrevistas a los trabajadores a cargo del mantenimiento y conservación de la maquinaria para el tratamiento de agua y máquinas de diálisis, lectura y análisis de los manuales de los equipos de tratamiento. Resolvió que el sistema de alimentación no otorgaba agua tratada en condiciones óptimas y no cumplía con los estándares internacionales, ya que tenía 60 metros de tubería inadecuada y puertos de agua sin reingreso, por ello el peligro de contaminación y aumento de algas era superior, para lo cual propuso poner en práctica los indicadores y el manual de procedimientos para controlar la calidad del agua de alimentación a las máquinas de diálisis del Centro Médico Militar. El presente trabajo aportará las normas de calidad de agua bajo las cuales estará sujeto el presente trabajo de investigación.

A su vez, R.G. Alberto Leon [14], en su investigación, “Desarrollo de una planta automatizada de tratamiento de agua por osmosis inversa en apoyo a la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú”, tuvo como objetivo desarrollar una planta automatizada para tratar agua por ósmosis reversa en ayuda a los pacientes con insuficiencia renal crónica. La metodología utilizada para la obtención del equipo se basó en las normativas internacionales, las cuales fueron la ANSI/AAMI/ISO 13959:2014 que otorga los criterios fijos que el agua tiene que obtener para volverse en líquido de diálisis, la resolución ministerial N°845-2007 del Ministerio de salud peruano que verifica los parámetros de agua y ofrece un manual para la adecuada desinfección, agregado a ello la normativa de calidad AISI 316 que admite al acero inoxidable como un elemento no corrosivo avalando su utilización en tratamientos con agua, resolvió que la planta automatizada transmitió y controló los parámetros de agua obteniendo 1uS de conductividad al término del filtro de carbón, 6,8 pH del agua, 0,01 ppm de cloro que se observó en la pantalla HMI, por otro lado se reguló por medio del actuador el punto de arranque y pausa de emergencia del equipo para

brindar una correcta diálisis en pacientes con insuficiencia renal. La presente investigación aportará información acerca de los parámetros y manuales de desinfección para agua tratada.

Asimismo, D. Palacio Estrada, A. E. Mezquia Valera, G. Maldonado Cantillo [15] en su investigación “Comportamiento de los parámetros físico-químicos del agua para hemodiálisis en diferentes plantas de tratamiento”, tuvieron como objetivo determinar el proceder de las características físicas y químicas del agua para hemodiálisis. La metodología empleada fue el análisis de 54 pruebas de agua de distintas plantas de tratamiento. Para el análisis de las características, se aplica la normativa NC 827: 2010 como referencia: “Agua potable y requisitos sanitarios” y para el ósmosis inversa, la normativa cubana para el control de la calidad física, química y microbiológica del agua. Las cifras brutas se ingresaron con MS EXCEL 2010 y luego con el software SPSS 20. El estudio descriptivo comprendió la estimación de la valoración de la tendencia central (media aritmética y mediana), la proporción estándar y la correlación entre los valores examinados. Resolvieron que no hubo concentración residual de cloro o cloramina, no se observó una correlación de mesurada a fuerte entre la conductividad eléctrica, el sulfato y nitrato. Concluyen que el proceder de las características tomadas del consumo de agua de diálisis fue adecuado. Esta investigación aportará los datos de caracterización que debe tener el agua para hemodiálisis.

Además, J.J. Palomino Quispe [16], en su investigación “Propuesta de aprovechamiento de agua residual de una planta de tratamiento de agua para hemodiálisis”, tuvo como objetivo desarrollar la propuesta de aprovechamiento de agua residual de una planta de tratamiento de agua para hemodiálisis. En la metodología empleó los diferentes procesos de tratamiento y un promedio de 14 máquinas de hemodiálisis, evaluó el uso de agua potable y la producción de agua en galones por minuto de la planta de tratamiento. Obtiene como resultado 0,5 litros por minuto de agua osmotizada durante el tratamiento por máquina de HD, 4 galones por minuto en utilización de agua por planta de tratamiento para diálisis y concluye que la propuesta es conveniente, puesto que se aprovecharía el líquido desperdiciado y con bajo costo de inversión se le daría un mejor uso. Esta investigación aportará las técnicas para el aumento de productividad.

Nefrolife Perú SAC es una empresa de salud que ofrece servicios de hemodiálisis. Atención médica especializada de alta calidad con un alto nivel de sensibilidad humana. Ofrece servicios desde el 1 de noviembre de 2018 hasta ahora. La insuficiencia renal es el daño repentino de la condición de los riñones para expulsar los residuos que genera el cuerpo, reunir la orina y almacenar electrolitos. (“Agudo” denota repentinamente y “renal” se refiere a los riñones) [1]. Asimismo, la Hemodiálisis se realiza a través del dispositivo y un filtro especial llamado riñón

artificial o máquina de diálisis, el diagrama de conexión al paciente se especifica en la figura número 2, este proceso de limpiar la sangre se llama hemodiálisis [1]. En total, los tratamientos de hemodiálisis se extienden hasta cuatro horas y se realizan tres veces por semana [13].

La calidad del agua empleada en la elaboración del líquido dialítico es uno de los requisitos básicos que hay que tener en cuenta, ya que la sangre de los pacientes en diálisis está expuesta a 300 000 litros de agua semanales por intermedio de una membrana no selectiva. [17]. Agregado a ello las normas de calidad de agua para diálisis, los requerimientos de calidad del agua y líquidos de diálisis vienen dados en la normativa ISO 23500 y sus normativas coligadas, ISO 13959 e ISO 11663 [1].

El sistema para tratar agua de diálisis consta de varios componentes:

- Filtros de sedimentos: empleados para quitar pequeñas moléculas de agua. Puede consistir en arena o hebras de filamentos entrecruzado [18].
- Membranas de ultrafiltración: Son membranas con poros muy pequeños, más pequeños que los primeros filtros. Son muy penetrables y los elementos utilizados son mayormente, en síntesis, tal como la polisulfona [3].
- Descalcificadores: Compuesto por resinas de interacción iónica que interrelacionan iones de Na con Ca, Mg y otros cationes de varios valores en el agua.
- Filtros de carbón activado: Reciben endotoxinas, cloraminas, cloro y sustancias biológicas por absorción [19].
- Equipo de ósmosis inversa: Este equipo consiste en aplicar una alta presión hidrostática a una disolución específica por intermedio de una membrana semipermeable para purificarla [17].
- Equipo de radiación ultravioleta: La luz ultravioleta proviene de las lámparas de mercurio. Se usa para matar bacterias en el agua [5].

A su vez las etapas del tratamiento de agua se componen de tres fases: Sistema de pretratamiento, sistema de tratamiento y sistema de distribución de agua tratada, todo estos expuestos en la figura número 3.

- Sistema de tratamiento: Este sistema consta de un equipo de ósmosis inversa, este a su vez quita el peso de sal presente del agua. Se fundamenta en el proceso de expansión a través de una membrana semipermeable que favorece el avance de gases solubles y elementos de reducido peso molecular sin carga electrostática [11].
- Sistema de distribución de agua tratada: El agua depurada tiende a extraer materiales de los elementos que toca, es por ello que la red de repartición tiene que estar hecha de

elementos que no contribuyan a contaminar el agua o que se sospeche que sean capaces de producirlo [18], ver figura número 4.

Entre los principales contaminantes en el agua tenemos a los contaminantes químicos, el agua que es usada en diálisis contiene una variedad de contaminantes químicos potenciales. Algunos son tóxicos en todas las circunstancias, otros solo en determinadas condiciones durante la diálisis, en las que grandes cantidades de agua entran en ficción con la sangre del paciente [5]. En el anexo 1 se muestran los límites permitidos de cada uno de los contaminantes.

En cuanto a contaminación microbiológica las bacterias producen endotoxinas y otras sustancias generadoras de calor que logran entrar al flujo sanguíneo por medio del líquido de diálisis, activar las células sanguíneas, crear citosinas y provocar una enfermedad infecciosa grave en el enfermo. [4]. Esta situación dicta las condiciones enumeradas en el anexo número 2. Agregado a ello hay microbios que se adaptan perfectamente a un entorno hostil [18]. El anexo 3 clasifica estos elementos microbianos según su procedencia y carga molecular, muchos de ellos tienen un peso molecular inferior a 10 kDa y, por tanto, pueden pasar la filtración de fondo y la difusión a través de membranas de diálisis [5].

Las endotoxinas son sustancias de alta capacidad que producen calor, conforman la membrana exterior de las bacterias y logran liberarse al torrente sanguíneo mediante la destrucción de bacterias [20]. Por otro lado, se debe enfatizar que las condiciones de calidad para el agua y los fluidos de diálisis están especificadas en la ISO 23500 y sus normativas ISO 13959 e ISO 11663. Los cuales están aprobados por AAMI [USA] con pequeños ajustes. Cada estado posee reglamentos exclusivos los mismos que son indispensables de realizar y cada país tiene sus propias reglas que deben seguirse, pero si las restricciones de la ley local se desvían de las normativas ISO mencionadas, se sugiere que se utilice el método más actual [1].

En muchos trabajos de investigación se propone el Mantenimiento Preventivo como solución a las diversas causas de problemas en los equipos, la cual es una metodología Lean Manufacturing de mejora que ayuda a garantizar la disponibilidad y confiabilidad preveendo la realización de operaciones, de los equipos, y del sistema, a través de la utilización de los criterios de: previsión, eliminación de defectos (0), eliminación de accidentes (0), y cooperación total de las personas [21].

Materiales y métodos

Diagnóstico del proceso de tratamiento de agua

En base a Latini [1], para diagnosticar el proceso de tratamiento de agua mediante un análisis fisicoquímico y microbiológico se evaluó las distintas etapas del proceso, las tres etapas de

tratamiento, y se realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico mediante el método SMEWW APHA AWWA-WEF, Part,3500-Na 23nd.Ed-Flame Emission photometric Method 2017 y tiras reactivas Watr Check TM2, conociéndose así la contaminación química y bacteriana en este tipo de agua, agregado a ello, se realizó el muestreo a una máquina de hemodiálisis y agua proveniente del equipo de osmosis inversa, donde se conoció el nivel de contaminantes tanto químicos, microbiológicos y de endotoxinas, la recolección de las distintas muestras tuvo lugar en un periodo de 14 días. Asimismo, se llevó a cabo un registro de los distintos parámetros y la medición de los mismos, de esta manera se abarcó todo el proceso; a su vez, se tomó en cuenta los principales indicadores de contaminación de este tipo de agua, tales como la conductividad eléctrica para conocer el nivel de conducción de iones, medición de pH para conocer la alcalinidad del agua, medición de dureza y cloro, utilizando para ello instrumentos tales como conductímetro digital, peachímetro digital, reactivo de cloro y kit de dureza.

Por otro lado, se examinó el estado de operatividad actual de los equipos responsables de la producción de agua, ósmosis inversa, filtros descalcificadores y de carbón activado conociendo de esta manera el estado de su funcionamiento.

Propuesta de mejora del proceso de tratamiento de agua

Asimismo, en base a la norma ISO 23500-1:2019 [23], que contempla la utilización y buena práctica del agua tratada de hemodiálisis, y, de acuerdo con la investigación de Echeverry, García [7], para elaborar una propuesta de mejora del proceso de tratamiento de agua se tuvo a bien utilizar como herramienta el mantenimiento preventivo, para ello se elaboró un programa de control de calidad del agua, este nos permitirá definir los puntos a mejorar en cada área, se tuvo en cuenta la producción y el estado de funcionamiento de las membranas semipermeables del ósmosis inversa, las mismas que son responsables de la salinidad presente en el agua, por ende para reducir la conductividad se propuso desincrustar las membranas del equipo de osmosis inversa.

De igual modo, para reducir el alto índice de dureza y cloro la cual era ocasionaba por las fallas encontradas tanto en el filtro ablandador número uno como en el filtro de carbón activado, en cuanto al primero se propuso reemplazar el sensor averiado para que el equipo trabaje correctamente y en el filtro de carbón cambiar el difusor que se encontró roto, agregado a ello se sugirió rellenar los filtros ablandadores con la cantidad de resina apropiada, ya que ésta es la encargada de eliminar los minerales presentes en el agua, por otro lado para dar solución a la contaminación tanto química y microbiológica se tuvo en cuenta corregir la cantidad de

desinfectante empleado para la desinfección del sistema de distribución de agua tratada y además se evaluó los materiales utilizados para el mismo en cuanto a tubería, todo ello en base a la norma antes mencionada. Agregado a ello, para el control de las distintas etapas del proceso se definió las actividades a realizar y se implementaron registros, estos permitirán controlar diariamente los parámetros evitando posibles contaminaciones, además se realizó una programación de actividades diarias estableciendo la frecuencia de los procedimientos a realizar en el cuidado de la calidad del agua, así mismo se considera a un personal calificado para que realice el procedimiento de rutina diariamente y las tareas de recambio de filtros, remoción, calibraciones y ajustes de los equipos. Además de ello se organizó un cronograma de análisis con fecha y hora establecida, para evitar retrasos en las tomas de muestras; y por último se estructuró una programación de desinfección quincenal y semanal al sistema de tratamiento de agua con químicos a fin de evitar la proliferación de microorganismos.

Análisis económico financiero

Se calculó la inversión total demandada por el presente proyecto, la misma que comprende costos de mantenimiento, materiales, mano de obra y gastos administrativos; se revisaron indicadores como índice de rentabilidad, beneficio alcanzado y resultado costo beneficio para conocer la viabilidad del mismo.

Resultados y discusión

Diagnóstico del proceso de tratamiento de agua

En relación al objetivo número uno, sobre diagnosticar el proceso de tratamiento de agua mediante un análisis fisicoquímico y microbiológico, después de evaluado los tres procesos mencionados, obteniendo los resultados siguientes.

Tabla 1: Resultados de la medición diaria de los parámetros fisicoquímicos de tratamiento de agua

Presión de membrana (psi)	Osmosis inversa				Conductividad		Cloro	Dureza (ppm)	pH	Presión anillo de recirculación psi
	Producto (l/m)		Rechazo (l/m)							
	1°paso	2°paso	1°paso l/m	2°paso	1°paso	2°paso				
150/150	18	12	10	4	14	5,7	1	25	7,6	20
148/150	17	13	11	3	15,6	6,3	1,1	27	7,5	20
152/150	19	12	10	4	17,2	7	1,2	27	7,7	20

Fuente: Elaboración propia, en base a los registros diarios de tratamiento de agua realizados por personal técnico biomédico del centro de diálisis Nefrolife Perú

Se observó algunos de los parámetros de la conductividad fuera de su rango normal ($> 5 \mu\text{S/cm}$), las que fluctúan entre 5,7 y 7 $\mu\text{S/cm}$ respectivamente; el PH resultó en un rango de 7,7 un poco alto a lo permitido para este tipo de tratamiento, ya que debería encontrarse en 6,8 y 7,2 como máximo; la dureza del agua arrojó 27 partes por millón (PPM o mg/L) lo que significa que los ablandadores no están funcionando correctamente, el nivel de cloro se encontró en 1,2, se requiere un cloro de 0,1 u 0,0 según la normativa ISO 23500 y sus normas coligadas, ISO 13959 e ISO 11663; Asimismo, se revisó el funcionamiento de los equipos encontrándose averías en los cabezales de los filtros de carbón y filtro ablandador, el mismo que no está eliminando en su totalidad los minerales inmersos en el agua y puede dañar las membranas semipermeables de la osmosis inversa, la misma que está en un nivel bajo de producción, entregando 18 litros por minuto (LPM) en el primer paso y 12 LPM en el segundo paso. En lo que respecta al análisis se determinó parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los puntos muestreados fueron a la salida de los filtros ablandadores, determinándose en la etapa de pretratamiento la conductividad de 450 $\mu\text{S/cm}$, que en relación a lo especificado a la regla AASI/AAMI RD5-1992 que autoriza como máximo 500 $\mu\text{S/cm}$, esta se encuentra dentro del rango normal; en cuanto a la dureza esta se muestreó a la salida de los filtros ablandadores evidenciándose un ligero desfase de 30 partes por millón (ppm), normalmente debería encontrarse entre 1 y 9, este resultado es debido a las fallas encontradas y evidenciadas en el filtro ablandador número 1, que se muestra en la tabla número 4. En lo que respecta a aluminio se evidenció presencia de este contaminante en un promedio de 0,02 mEq/L.

Tabla 2: Resultados mensuales de análisis fisicoquímicos

Parámetros	Unidad de medida	Resultado total (mg/L)
Turbiedad	UNT	0,1
Olor	–	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	0,5
Sólidos disueltos totales	mgL	150
pH	Valor de pH	7,9
Conductividad	$\mu\text{mho/cm}$	450
Dureza total	mg CaCO_3	30
Floururos	mg F L	0
Nitratos	mg NO_3	0,2
Hierro	mg Fe	0
Manganeso	mg Mn	1
Aluminio	mg Al	0,2
Cobre	mg Cu	0,1
Zinc	mg Zn	0,1
Sodio	mg Ma	75
Amoniaco	mg N L	0

Fuente: Elaboración propia, en base al informe emitido por laboratorio Sinbiol

Tabla 3: Niveles máximos de contaminantes fisicoquímicos

Parametros	Unidad de medida	Resultado total (mg/L)
Turbiedad	UNT	5
Olor	–	–
Color	UCV escala Pt/Co	0,5
Solidos disueltos totales	mgL	150
pH	Valor de pH	6,8 - 7,2
Conductividad agua dura	µmho/cm	500
Conductividad permeada	µm/cm	5
Dureza total	mg CaCO ₃	9
Floururos	mg F L	0
Nitratos	mg NO ₃	0,2
Hierro	mg Fe	0
Manganeso	mg Mn	1
Aluminio	mg Al	0,01
Cobre	mg Cu	0,1
Zinc	mg Zn	0,1
Sodio	mg Ma	70
Amoniaco	mg N L	0,3

Fuente: Elaboración propia en base a ISO 23500

En la tabla 2, se presentan los resultados de los parámetros del análisis fisicoquímico realizado por el laboratorio Sinbiol, donde se evidencian a 3 de los principales contaminantes en el agua tratada tales como sodio, aluminio y hierro, resaltando al aluminio y sodio con un rango de 0,2 mEq/L y 75 mEq/L respectivamente, muy fuera del rango permitido para tratamiento de hemodiálisis, el cual según la norma AASI/AAMI RD5-1992 estipula al aluminio con un límite máximo de 0.01 mEq/L y al sodio con 70 mEq/L respectivamente, descritos en la tabla número 3.

Tabla 4: Análisis microbiológico del agua tratada

	Niveles de contaminación bacteriana	
	Bacterias (UFC/ml)	Endotoxinas LAL (UE/ml)
Agua tratada	≥ 100	≥ 0,25
Líquido de diálisis	≥ 1 000	≥ 0,5

Fuente: Elaboración propia en base a laboratorio Sinbiol

Tabla 5: Niveles de contaminación admitidos en agua para hemodiálisis

	Bacterias (UFC/ml)	Endotoxinas LAL (UE/ml)
Niveles de contaminación bacteriana		
Agua purificada	≤ 100	≤ 0,25
Agua ultrapura	≤ 10 UFC/100 ml	≤ 0,03
Líquido de diálisis estándar	≤ 1000	≤ 0,5
Líquido de diálisis ultrapuro	≤ 1	≤ 0,03

Fuente: Elaboración propia en base a ISO 23500

En tabla 4 y en el anexo número 4 y 5, se observa que el nivel de contaminación tanto de bacterias y endotoxinas en el agua tratada y líquido dializante, el segundo obtenido de una máquina de hemodiálisis, supera el rango máximo establecido por las normativas de calidad del agua para hemodiálisis descritos en la tabla número 5, encontrándose bacterias ≥ 100 y ≥ 1000 unidades formadoras de colonias (UFC) lo que normalmente deberían estar en ≤ 100 y ≤ 1000 ; asimismo el índice de endotoxinas en el agua tratada y líquido dializante supera el límite permitido de $\leq 0,25$ y $\leq 0,5$.

A su vez, se identificó y detalló las fallas encontradas en los filtros, ver tabla 6.

Tabla 6: Verificación de operatividad de los equipos del sistema de tratamiento de agua

Equipos	Cantidad	Nivel de operatividad (%)	Fallas identificadas	Detalle de la falla
Filtro ablandador 1	1	50	1	Err3
Filtro ablandador 2	1	100	0	–
Filtro multimedia	1	100	0	–
Filtro de carbón	1	50	1	Olf
Electrobombas	4	100	0	–

Fuente: Elaboración propia

En la tabla número 1, se exponen los resultados de las mediciones que se hicieron al agua tratada, se estima que los parámetros de conductividad elevados se deben al alto nivel de dureza y cloro presentes en el agua, originados por las fallas encontradas en dos de los 4 filtros mostrados en la tabla número 6, las mismas que fueron Err3 en el filtro ablandador número 1 y OLF en el filtro de carbón activado, las cuales interfieren y dañan el proceso.

Propuesta de mejora del proceso de tratamiento de agua

En base a los altos índices de contaminación fisicoquímica y bacteriana que se vieron en los resultados de los análisis, y de las fallas encontradas en los equipos, se propuso mejorar el proceso, por ende, se tomó como referencia la investigación de Echeverry García [7], empleando para ello al mantenimiento preventivo como enfoque proactivo.

Mantenimiento preventivo

En el anexo 16 se observa la distribución de los equipos de planta de tratamiento y en los anexos 17 y 18 se presentan sus criterios de selección; a continuación, se describe el procedimiento para la conservación de la planta de agua:

Test fisicoquímico: es recomendable que se realice con frecuencia mensual a la salida del ósmosis inversa para identificar metales, el cual debe ser muestreado por un laboratorio certificado.

Prueba de cloro: el muestreo es a la salida del filtro de carbón activado con ayuda del reactivo para cloro, la frecuencia recomendada es diaria.

Prueba de dureza: su muestreo recomendado es diario y se debe tomar a la salida del filtro ablandador empleando para ello el kit de dureza. Agregado a ello debe verificarse la regeneración del filtro, el nivel y tipo de sal, que para estos casos la requerida es la industrial.

Prueba de pH: su frecuencia debería ser diaria y se debe de tomar como punto de muestra a la salida de equipo de osmosis inversa.

Presiones de los manómetros de los filtros de pretratamiento: sus lecturas deben de tener frecuencia diaria para evitar variaciones de presión.

Filtros de 0,2, 0,45 y 5 micras: para los dos primeros la frecuencia de cambio es cada 3 meses y para el último es cada 2 meses.

Flujómetros de ósmosis inversa: estos muestran la proporción de agua lo que comúnmente conocemos como producto o permeado, se debe revisar diariamente.

Test bacteriológico: su frecuencia recomendada es mensual, las muestras deben ser tomadas de la salida del osmosis inversa y del líquido de diálisis, este último proveniente de una máquina de hemodiálisis, la cual debe ser tomada por personal de laboratorio; adicional a ello se debe hacer un examen de endotoxinas cada 3 meses en los puntos antes mencionados para conocer la concentración de las mismas [7].

Para elevar la productividad de la planta de tratamiento y eliminar la contaminación presente en el agua, es necesario efectuar una revisión a las membranas del ósmosis inversa, incluyendo los procedimientos de desinfecciones al sistema.

Desincrustación de membranas de ósmosis inversa

Se elaboró el procedimiento y se realizó una desincrustación de membranas al equipo de ósmosis inversa, la frecuencia recomendada a efectuarse es cada 6 meses. A continuación, se describe paso a paso.

- Primeramente, se llena el tanque de la estación de limpieza al 50% del volumen de agua utilizando agua permeada.
- A continuación, se añade el agente de limpieza según las instrucciones del fabricante y se utiliza el mezclador mecánico de la estación de limpieza asegura la total homogeneidad de la solución.

- Cuando la válvula de rechazo está completamente abierta, se alimenta la solución de limpieza. La velocidad de alimentación se ajusta a través de la salida de la bomba, de modo que la solución entre gradualmente y se deja circular durante 30 minutos.
- Agregado a ello se monitorea pH y presión cada 15 minutos, en la entrada y salida de la membrana.
- Las membranas de drenaje se dejan reposar en la solución de limpieza durante 45 minutos para eliminar los altos niveles de contaminación.
- Utilizar agua a una presión de 60 PSI para el enjuague, dirigida a un sistema de eliminación adecuado. Una vez terminado el enjuague se mide el valor de sólidos disueltos con un conductímetro que debe ser el mismo en la entrada y la salida.
- Finalmente, para volver a encender la ósmosis inversa, primero mover la válvula de control a la posición normal, encender y controlar la calidad del agua.

En la tabla 7 se muestran los resultados alcanzados luego de la desincrustación de las membranas del equipo de ósmosis inversa, se logró reducir en un 95 % el alto porcentaje de conductividad presente en el agua y aumentar su producción en un 66,7 %.

Tabla 7: Conductividad y capacidad de producción de ósmosis inversa

Osmosis Inversa							
Producto (L/M)		Rechazo (LPM)		Conductividad		pH	
Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
2°Paso	2°Paso	2°Paso	2°Paso	2°Paso	2°Paso	Antes	Después
12	20	4	3	5,7	0	7,6	6,8
13	20	3	3	6,3	0,1	7,5	6,7
12	19	4	2	7	0,2	7,7	6,9

Fuente: Elaboración propia

Medición de la producción

$$\text{Producción} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Insumos empleados}} = \frac{\text{Cantidad de galones producidos}}{\text{Horas de trabajo diarias}}$$

Producción inicial

Salidas: 2520 galones/día
Entradas 14 Horas/día

$$\text{Producción} = \frac{2520}{14} \longrightarrow 180 \text{ galones/Hora}$$

Producción final

$$\text{Salidas: } \frac{4200}{14} \text{ galones/día}$$

$$\text{Entradas: } 14$$

$$\text{Producción} = \frac{4200}{14} \longrightarrow 300 \text{ galones/Hora}$$

$$\text{Incremento de producción} = 66,7\%$$

La producción de la planta aumentó dado que anteriormente solo se producía 180 galones/hora, y después de aplicada la desincrustación se obtuvo 300 galones/hora, dando opción a que la empresa pueda atender a más pacientes de hemodiálisis.

Filtros ablandadores y filtro de carbón activado

Asimismo, en cuanto a las fallas del filtro ablandador y filtro de carbón activado responsables del cloro y la dureza elevada, se propuso reemplazar el sensor averiado, el difusor roto y la resina, para lo cual se obtuvo una cotización de todos estos, los precios de los tres materiales en mención suman un total de S/. 3 443,71, dado que la resina iónica tiene un precio de S/. 452,20, el difusor S/. 87,40 y el sensor S/. 570,00; especificados en el Anexo número 6, agregado a ello se propuso realizarles mantenimiento preventivo a los filtros cada 6 meses para evitar paras intempestivas, en el anexo número 7 se especifica las actividades y frecuencia del mismo.

Procedimiento de sanitización

En cuanto a la contaminación química y microbiológica, en base a la ISO 23500-1:2019 [23], se estableció el porcentaje, el volumen, tipo de desinfección y procedimiento de ejecución de los desinfectantes a utilizar para desinfectar el sistema de distribución de agua, el cual se describe a continuación:


Tipo de desinfección: Sanitización

Procedimiento:

- Se cierran llaves de agua tratada de cada máquina de hemodiálisis.
- Se apaga osmosis inversa al inicio.
- Se procede a agregar una galonera de ácido peracético de 6 L, a tanque de agua tratada el cual debe tener una cantidad de 250 L de agua como mínimo.
- Se deja recircular 1 hora por todo el anillo, a continuación, se procede a drenaje del químico.
- Se procede a enjuagar con agua tratada los tanques y el anillo de recirculación las veces que sea necesario para remover todo el desinfectante, luego verificar con reactivo de ácido peracético que el agua no contenga químico desinfectante.
- Por último, se programa un lavado de 10 minutos por máquina. En el anexo número 8 se evidencia el formato de ejecución de sanitización quincenal.

Teniendo en cuenta que la norma aconseja una continuidad de desinfección cada 15 días para ósmosis inversa, almacenamiento y distribución; en base a ello se detallaron los principales desinfectantes con el respectivo porcentaje de utilización especificado en la tabla número 8, donde para casos de sanitización del sistema de distribución se tiene que emplear una galonera de ácido peracético de 6 L al 3,5%, la desinfección a las máquinas responsables del proceso tiene que ser a 75° de calor y el hipoclorito de sodio a emplear en un porcentaje de 6%.

Tabla 8: Especificaciones de material y desinfectantes

	Materiales	Hipoclorito de sodio	Ácido peracético	Agua caliente
	Polipropileno	6%	3,5%	75°

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se exponen los resultados obtenidos post sanitización del anillo de recirculación fueron los esperados, ya que se encuentran dentro de los límites permitidos, encontrando al aluminio en 0,01 mEq/L, al sodio con 35 mEq/L respectivamente y demás parámetros dentro del rango, asimismo la contaminación bacteriana disminuyó considerablemente tornándose dentro de los límites establecidos, especificados en el informe emitido por laboratorio Sinbiol en el anexo número 9 y 10.

Tabla 9: Resultados de análisis fisicoquímicos post sanitización

Parámetros	Unidad de medida	Resultado total (mg/L)
pH	Valor de pH	6,9
Conductividad	µmho/cm	0,2
Dureza total	mg CaCO ₃	3
Fluoruros	mg F L	0
Nitratos	mg NO ₃	0,2
Hierro	mg Fe	0
Manganeso	mg Mn	1
Aluminio	mg Al	0,01
Cobre	mg Cu	0,1
Zinc	mg Zn	0,1
Sodio	mg Ma	35
Amoniaco	mg N L	0

Fuente: Elaboración propia, en base al informe emitido por laboratorio Sinbiol

Por otro lado, se identificó que un recorrido de tubería correspondiente a 60 metros era de material PVC, lo que no es apto para este tipo de procedimientos porque ayuda a la proliferación de microorganismos y bacterias, en relación a ello se recomendó a la empresa utilizar material de polipropileno, cumpliendo así con lo estipulado en la norma.

Finalmente, ante lo expuesto se analizó el impacto ambiental de la propuesta por intermedio de la matriz de leopold descrita en el anexo 19, teniendo que el puristeril 340 no es contaminante ya que sus componentes activos se transforman en productos de reacción tales como ácido acético, oxígeno y agua [24], asimismo el agente desincrustante de membranas OptiClean B [25] está compuesto por una fórmula sin fosfato que reduce el impacto negativo del medio ambiente. De esta manera se dedujo con seguridad de que lo propuesto en esta investigación no generará impactos negativos puesto que los productos a utilizar en su desarrollo son amigables con el medio ambiente.

Formatos de control

Se implementó formatos de control, en el anexo número 11 se visualiza el registro de control diario del agua tratada, donde se identificó parámetros muy importantes como pH, cloro, conductividad y dureza, así mismo este registro va permitir controlar el nivel de producción de ósmosis inversa y corroborar el buen funcionamiento de los filtros de la etapa del pretratamiento. De igual manera en el anexo número 12 se observa el formato del cronograma que se realizó para las tomas de muestras fisicoquímicas tales como: cloraminas, sodio, potasio; así como también para la toma de muestras microbiológicas; de esta manera se buscó optimizar

el proceso de manera estructurada y eficiente, el registro cuenta con mes y fecha correspondiente, las tomas de muestras tienen lugar después de la desinfección o sanitización del sistema de tratamiento evidenciando la calidad del agua tratada.

Asimismo, en el anexo 13, se observa las actividades diarias establecidas a realizar por parte del personal encargado, el cual está previamente capacitado en las funciones asignadas, dichas actividades se realizarán de lunes a sábado, estas incluyen mediciones de presiones de producción de agua, seguimiento de operatividad de filtros, mediciones de parámetros, verificación de niveles de agua, desinfecciones semanales y quincenales. Las actividades evidenciadas en el anexo 13 para asegurar el buen funcionamiento del proceso serán de responsabilidad del personal calificado, los cuales se consideraron en función de lo que especifica el manual de operación y funciones de la empresa (MOF), considerando para ello su formación académica, competencias, experiencias y actitudes, en la figura 1 se evidencia el organigrama constituido, se detallan las funciones y la supervisión de las mismas por parte de las jefaturas correspondientes.

Gerencia general: Plantear normativas, reglamentos y directrices para mejorar las actividades vinculadas con la gestión y finanzas de la empresa. El gerente debe contar con título de Ingeniero Industrial o Licenciado en Ciencias Administrativas, Financieras o Contables o Abogado. Mínimo 1 año de experiencia. **Área de Control de Calidad:** Gestionar los procesos orientados al mejoramiento constante de los servicios de salud, relacionados con los usuarios externos e internos, así como los procesos de auditoría de la calidad asistencial. El encargado de esta jefatura debe contar con título profesional en Ingeniería Industrial o Ingeniería química, mínimo 3 años de experiencia.

Área de mantenimiento: tener compromiso por conservar y mantener los bienes patrimoniales. El jefe de mantenimiento debe tener título de ingeniero mecánico eléctrico o ingeniero industrial; mínimo 1 año de experiencia.

Área de coordinación de enfermería: Programar, coordinar, supervisar, controlar y evaluar las actividades para la atención del Servicio de Hemodiálisis, en coordinación con el director médico. El jefe del área de coordinación tiene que contar con Título Profesional de Enfermería y con constancia de habilidad válida; mínimo 3 años de experiencia.

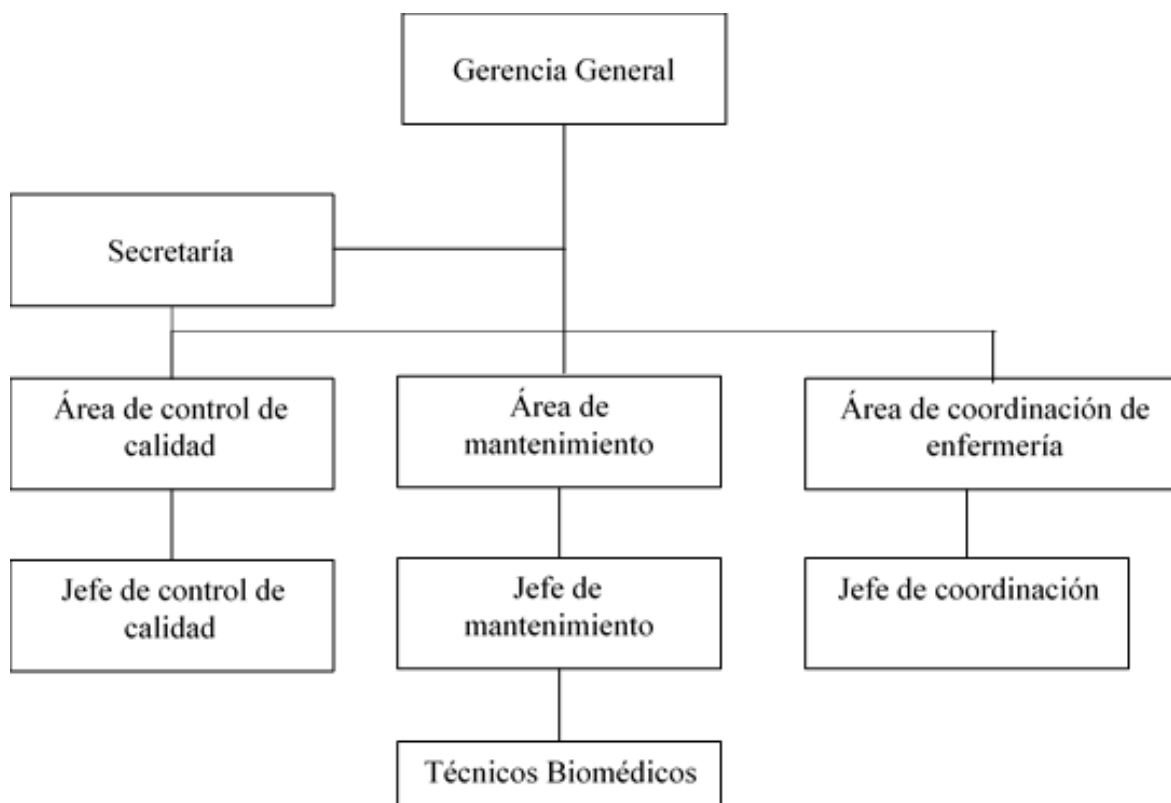


Figura 1: Estructura de la empresa

Fuente: Elaboración Propia

Análisis económico – financiero

Descrita la propuesta para la mejora del tratamiento de agua, se realizó el análisis de la evaluación financiera para definir la viabilidad para su posterior desarrollo e implementación en Nefrolife Perú. En ese sentido, se realizó el plan de inversión donde figuran los requerimientos tanto de los activos fijos como de los costos operativos, así mismo se tuvo a bien incluir los criterios que determinarán la factibilidad de la propuesta.

La inversión del proyecto equivale a un total de S/. 57 881,96, y comprende los costos de adquisición de equipos, maquinaria y herramientas, mostrados en la tabla 8.

Tabla 10: Inversión Total del proyecto

Descripción	Inversión total	
Desincrustación de membranas		
Estación de limpieza de membranas	S/	3 000,00
Químico desincrustante	S/	7 269,00
EPP	S/	300,00
Llaves de paso de PVC	S/	256,96
Mangueras de agua	S/	600,00
Herramientas	S/	1 000,00
Total	S/	12 425,96
Sanitización anillo de recirculación		
Escalera tijera	S/	650,00
Puristeril	S/	1 020,00
Conductímetro en mili siemens	S/	640,00
Conductímetro en micro siemens	S/	1 846,00
Peachímetro digital	S/	800,00
EPP	S/	300,00
Total	S/	5 256,00
Análisis de agua		
Análisis microbiológico	S/	18 000,00
Análisis de endotoxinas	S/	18 000,00
Análisis químico	S/	4 200,00
Total	S/	40 200,00
Total de inversión	S/	57 881,96

Fuente: Elaboración propia

Los costos de operación incluyen costos directos e indirectos como gastos de materiales (repuestos para filtros, reactivos, equipos de EPP), servicios (consumo de energía eléctrica, agua potable, mantenimiento de maquinaria, depreciación de maquinaria) y mano de obra (sueldos y beneficios del personal responsable) descritos en el anexo número 14; además de ello también se describen los gastos administrativos.

Tabla 11: Costos de operación

Descripción	Monto	
Costos directos	S/	44 519,40
Costos indirectos	S/	150 965,00
Total	S/	195 484,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Gastos administrativos

Suministros y materiales					
Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Costo anual	
Computadora	1	S/ 1 800,00	S/ 1 800,00	S/ 1 800,00	
Impresora	1	S/ 950,00	S/ 950,00	S/ 950,00	
Material para oficina	2	S/ 200,00	S/ 400,00	S/ 4 800,00	
Otros	5	S/ 20,00	S/ 100,00	S/ 1 200,00	
Total			S/ 3 250,00	S/ 8 750,00	

Fuente: elaboración propia

Los recursos directamente recaudados vienen dados por los ingresos que genera la clínica Nefrolife Perú de forma anual, lo que hace referencia al número de atenciones realizadas a pacientes renales en el transcurso del mismo. En cuanto al beneficio de la mejora, se realizó un balance entre los costos que conlleva la implementación de la propuesta y el beneficio obtenido, el cual está sustentado en el flujo de caja como ahorro tanto en membranas semipermeables como en multas, este asciende a S/. 48 300,00, citado en el anexo N° 15 donde se incluye el costo de las penalidades por número de UIT que estaría evitando la empresa y también el ahorro en material que gracias a las alternativas propuestas permitirá alargar la vida útil de las membranas.

La tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) para el presente proyecto se dedujo a través del cálculo en base a la ganancia o beneficio esperado por los inversionistas, que según el contador de la empresa es de 20%, y la tasa de inflación según el Reporte de Inflación del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) [26] en Setiembre de 2022 fue de 8,74%, consiguiendo un TMAR de contribución del inversionista de 30,4%. Después de realizado el cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) se consiguieron valores de S/. 46 154 y 65,4%, respectivamente. Como el VAN es positivo y el TMAR inferior al TIR, se consigue confirmar que el proyecto es viable. Agregado a ello el resultado del análisis costo beneficio fue de 1,17, lo cual determina que por cada sol invertido se alcanza una ganancia de S/. 0,17. En la tabla 12 se evidencia el flujo de caja con proyección a 5 años, en el que, a partir del segundo año se logra S/. 80 124,88 de utilidad acumulada.

VAN	S/	46 153,69
TIR		65,4%
VAN INGRESOS	S/	709 050,56
VAN EGRESOS	S/	605 014,91
B/C		1,17
TMAR		30,4%

Inflación (f)	Riesgo (r)	
8,70%	0-10%	bajo
	11-20%	medio
	>20%	alto
TMAR = f + r + fxr		

Tabla 13: Flujo de caja

CONCEPTO/AÑO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
I. INGRESOS						
Recursos directamente recaudados	S/	245 280,00 S/	245 280,00 S/	245 280,00 S/	245 280,00 S/	245 280,00
Ahorro en membranas	S/	11 500,00 S/	11 500,00 S/	11 500,00 S/	11 500,00 S/	11 500,00
Ahorro por multas	S/	36 800,00 S/	36 800,00 S/	36 800,00 S/	36 800,00 S/	36 800,00
TOTAL INGRESO	S/	293 580,00 S/	293 580,00 S/	293 580,00 S/	293 580,00 S/	293 580,00
II. EGRESOS						
Inversión	S/	57 881,96 S/	43 620,00 S/	43 620,00 S/	43 620,00 S/	43 620,00
TOTAL DE EGRESOS POR INVERSION S/	57 881,96 S/	43 620,00 S/	43 620,00 S/	43 620,00 S/	43 620 00 S/	43 620,00
GASTOS ADMINISTRATIVOS						
Suministros y material	S/	8 750,00 S/	6 000,00 S/	6 000,00 S/	6 000,00 S/	6 000,00
COSTOS DE OPERACIÓN						
Costos directos	S/	44 519,40 S/	44 519,40 S/	44 519,40 S/	44 519,40 S/	44 519,40
Costos indirectos	S/	150 965,00 S/	150 965,00 S/	150 965,00 S/	150 965,00 S/	150 965,00
TOTAL DE EGRESOS	S/	262 116,36 S/	245 104,40 S/	245 104,40 S/	245 104,40 S/	245 104,40
UTILIDAD	-S/ 57 881,96	S/ 31 463,64 S/	S/ 48 475,60 S/	S/ 48 475,60 S/	S/ 48 475,60 S/	S/ 48 475,60
Impuesto a la renta 29,5%	S/	92,82 S/	92,82 S/	92,82 S/	92,82 S/	92,82
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	S/	31 556,46 S/	48 568,42 S/	48 568,42 S/	48 568,42 S/	48 568,42
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	S/	31 556,46 S/	80 124,88 S/	128 693,29 S/	177 261,71 S/	225 830,13

Fuente : Elaboración Propia

Discusión

Para el diagnóstico del proceso de tratamiento de agua del presente proyecto, se evaluó las distintas etapas del mismo, determinando los problemas que incidían en su mal procedimiento, el cual se evidenció en los resultados de los parámetros obtenidos: conductividad de 5,7 a 7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cloro entre 1 y 1,2, dureza hasta 27 ppm y pH de 7,5 a 7,7, concluyendo que el agua del proceso no cumple con los requisitos mínimos necesarios para los pacientes con dependencia de tratamiento de hemodiálisis; Sarceño [13] empleó un método similar: determinó los problemas del proceso mediante su previa evaluación; en dicha investigación se dio a conocer que el sistema de alimentación de agua tratada no entregaba agua de calidad, obteniendo una conductividad de 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a la salida del segundo paso, dureza mayor a 22 ppm y pH de 7,8; por lo tanto dedujo que dicho sistema no cumple con los requerimientos mínimos esenciales para el buen tratamiento de los pacientes renales y propuso hacer una mejora del proceso.

Rivas [11], empleó como método la observación y utilizó diferentes instrumentos para cuantificar la capacidad de producción, contabilizar las mermas y precisar el tiempo de producción de llenado del tanque de almacenamiento; obteniendo valores ligeramente superiores a los que se tenía antes de la mejora, logrando un incremento de producción de 27,6%. El presente proyecto empleó un método similar y determinó un aumento considerable en su capacidad de producción luego de la propuesta de mejora en relación al anterior, siendo este de 66,7%.

El presente proyecto demanda de una inversión de S/. 57 881,96, cuya tasa interna de retorno (TIR) es de 65,4%, el beneficio es de S/. 0,17 por cada sol invertido y un periodo de recuperación de 3 años. El estudio realizado por León [8], alcanzó una inversión de S/. 178 886,36, que simboliza solo el 8,5% de la presente investigación; esta desigualdad se debe a costos elevados en materiales e insumos, la misma que obtuvo un periodo de recuperación en los tres primeros años con un TIR de 34,30%.

Conclusiones

Mediante la mejora en el tratamiento de agua se logró optimizar el proceso de hemodiálisis, puesto que se redujo la contaminación en la mayoría de sus parámetros y se aumentó la capacidad de producción de agua en un 66,7%.

Mediante el diagnóstico de las distintas etapas del proceso de tratamiento de agua, se identificó los problemas existentes, los cuales son: parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los límites máximos permisibles según la norma 23500: conductividad de 5,7 a 7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cloro entre 1 y 1,2, dureza hasta 27 ppm y pH de 7,5 a 7,7; averías en los equipos responsables de la producción de agua, alto nivel de contaminación bacteriana mayor a 100 UFC/ml y de endotoxinas mayor a 0,25 UE/ml. Es así que se identificó que el agua procesada bajo este tratamiento no está cumpliendo los estándares establecidos por la norma ISO 23500-1:2019 que contempla los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua tratada de hemodiálisis, representando las deficiencias propias del proceso.

Para la mejora se utilizó la herramienta de mantenimiento preventivo logrando reducir la conductividad de 7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 0,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se disminuyó el porcentaje de contaminación microbiológica y endotoxinas manteniéndolos dentro del rango permitido, optimizando de esta manera el proceso de hemodiálisis; además se aumentó la producción de agua tratada obteniendo 66,7% de eficiencia.

La inversión total para la mejora del tratamiento de agua es S/. 57 881,96. Luego de la evaluación económico financiera, con un TMAR de 30,4%, se consiguió un costo beneficio de S/. 0,17 por cada sol invertido, un VAN de S/. 46,154 y un TIR de 65,4%, obteniendo un tiempo de reposición de la inversión de 3 años, lo que significa que el proyecto es económica y financieramente rentable.

Recomendaciones

Se recomienda realizar desincrustaciones periódicas cada 6 meses para evitar la contaminación y saturación de las membranas semipermeables del equipo de ósmosis inversa y a la vez alargar su vida útil.

Realizar estudios experimentales para determinar un material adecuado menos contaminante para reemplazar al PVC, que pueda minimizar el riesgo de contaminación de los sistemas de agua tratada y aumentar la calidad de los procesos de hemodiálisis.

Ejecutar la mejora del proceso de tratamiento de agua, para disminuir su contaminación puesto que se evidencia su viabilidad.

Referencias

- [1] D. Latini, «Agua para Diálisis, requisitos de Calidad y Técnicas de Tratamiento,» de *Actualización en hemodiálisis*, Argentina, 2019.
- [2] M. García Melián, M. I. González González y M. d. I. Á. Mariné Alonso, «Criterios para la vigilancia de la calidad química y microbiológica del agua para hemodiálisis,» *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, vol. 51, n° 2, pp. 192 - 202, 2018.
- [3] A. Inda Mariño , O. O. Pérez Fadruga y C. J. de la Paz Granados, «Equipo para la desinfección de planta de tratamiento de agua para hemodiálisis.,» *MEDICIEGO*, vol. 6, n° 2, 2019.
- [4] R. Perez García, «Calidad del líquido de diálisis y sus componentes: Agua y Concentrados,» *Nefrología al día*, pp. 1-13, 2020.
- [5] I. Torregrosa , A. Perez y M. Jimenez, «Tratamiento de agua para hemodiálisis,» *Nefrología*, vol. 18, n° 1, pp. 14 - 21, 2019.
- [6] Seguro social de salud ESSALUD, «Resolución de gerencia central de infraestructura N°003 ·GCI·ESSALUD-2014,» Chiclayo, 2014.
- [7] J. D. Echeverry Palomino y M. R. García Angel, Propuesta de aplicación de herramientas de TPM a una planta de agua para máquina de hemodiálisis, Bogotá, 2017.
- [8] D. J. León Heredia , Aumento de la capacidad de planta de tratamiento de agua para Hemodiálisis con ósmosis inversa en CENAG S.A, Guayaquil, 2017.
- [9] N. G. Toro Tiznado, Automatización y modernización al sistema de sanitización de la planta de tratamiento de agua de la unidad de Hemodiálisis Hospital C.A.S.E ESSALUD, Arequipa, 2020.
- [10] R. M.A, H. P. y L. N.W, «The Role of Improved Water Quality on Inflammatory Markers in Patients Undergoing Regular Dialysis,» *The International Journal of Artificial Organs*, vol. 27, n° 8, 2017.
- [11] R. Rivas Guevara, “Mejora del proceso de producción de agua tratada mediante rediseño de los sistemas de osmosis inversa del Hospital II Reátegui Delgado ESSALUD Piura, 2018”, Piura, 2018.
- [12] Y. Acero Giraldo y F. R. Farías Barrios, Modelo de adecuación del sistema integrado de gestión para la mejora de la calidad de agua en la planta de tratamiento de agua de la unidad de Hemodiálisis del Hospital nacional Edgardo Rebagliatti Martins, Callao, 2018.

- [13] E. E. Sarceño Zepeda, Evaluación del sistema que alimenta agua tratada a las máquinas de hemodiálisis donde son conectados los pacientes del centro médico militar que padecen insuficiencia renal, Guatemala, 2019.
- [14] R. G. Alberto Leon, "Desarrollo de una planta automatizada de tratamiento de agua por osmosis inversa en apoyo a la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú", Lima, 2021.
- [15] D. Palacio Estrada , A. E. Mezquia Valera y . G. M. C. Maldonado Cantillo, «Comportamiento de los parámetros físico-químicos del agua para hemodiálisis en diferentes plantas de tratamiento,» *Higiene y Sanidad Ambiental*, vol. 1, n° 16, pp. 1381-1385, 2017.
- [16] J. J. Palomino Quispe, "Propuesta de aprovechamiento de agua residual de una planta de tratamiento de agua para para Hemodiálisis", Trujillo, 2020.
- [17] J. L. Pantoja Silva, Análisis de la satisfacción del servicio de agua potable en la avenida mercedes indacochea, Huacho, Huacho, 2019.
- [18] Y. J. Nieto Torres y H. L. Suarez Chele, Eficiencia del sistema de tratamiento en la calidad del agua de hemodiálisis de la unidad de nefrología del Hospital Naval de Guayaquil, 2015, Guayaquil, 2017.
- [19] A. I. Cervantes Cepeda, M. R. Cruz Colin, R. Aguilar Corona, P. Castilla Hernandez y M. Meraz Rodriguez, «Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua tratada en un reactor UASB escala piloto,» *Revista mexicana de ingeniería química*, vol. 10, n° 1, pp. 67 - 77, 2019.
- [20] P. E. Sobrino Pérez, G. Barril Cuadrado, J. A. Sánchez Tomero y C. del Rey Roman, «Monitorización de la calidad del agua tratada «on line» y del líquido de diálisis (LD),» *Nefrología*, vol. 25, n° 5, pp. 475 - 573, 2018.
- [21] B. Salazar López, «Ingeniería industrial,» 1 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>. [Último acceso: 14 Noviembre 2022].
- [22] BSG Institute, «Los 8 Pilares del TPM,» [En línea]. Available: <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/los-8-pilares-del-tpm>. [Último acceso: 14 Noviembre 2022].

- [23] Normalización Española (UNE), «UNE-EN ISO 23500-1:2019,» 30 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma>. [Último acceso: 11 Mayo 2022].
- [24] BTNT Service SA, «Agente de limpieza y desinfección,» [En línea]. Available: <https://btntservice.com/producto/agente-de-limpieza-y-desinfeccion/>. [Último acceso: 18 Noviembre 2022].
- [25] Carbotecnia, «Limpiador de membrana Opticlean B,» [En línea]. Available: https://carbotecnia.info/PDF/quimykits/OptiClean_B.pdf. [Último acceso: 18 Noviembre 2022].
- [26] BCRP, «Banco Central de Reserva del Perú,» [En línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/novedades.html>. [Último acceso: 20 Setiembre 2022].

Anexos

Anexo 1: Niveles de contaminantes aceptados en agua para Hemodiálisis

Niveles máximos de contaminantes en el agua (en mg/l) según la norma UNE 111 - 301 - 90

Calcio	2	Cobre	0,1
Magnesio	4	Bario	0,1
Sodio	70	Zinc	0,1
Potasio	8	Arsénico	0,005
Cloro	0,5	Plomo	0,005
Cloraminas	0,1	Cromo	0,014
Flúor	0,2	Cadmio	0,001
Nitratos	2	Selenio	0,09
Sulfatos	100	Plata	0,005
Aluminio	0,01	Mercurio	0,0002

Fuente: Elaboración propia en base a ISO 23500

Anexo 2: Efectos de contaminación bacteriana y endotoxinas

Efectos de la activación de las citocinas proinflamatorias

Reacciones a pirógenos
 Síndrome posdiálisis
 Alteración de la respuesta inmunitaria
 Amiloidosis asociada a diálisis
 Disminución de la respuesta a la eritropoyetina
 Arteriosclerosis
 Debilidad muscular
 Pérdida de masa ósea
 Desnutrición

Fuente: Elaboración propia en base a Nefrología 2016

Anexo 3: Clasificación y peso molecular de sustancias pirógenas derivadas de las bacterias

Clasificación de los productos pirogénicos derivados de bacterias gramnegativas atendiendo a su origen y peso molecular

Pirógenos exógenos	Peso molecular
Componentes de la pared bacteriana, liberados por lisis	
Endotoxinas o lipolisacáridos*	>100 000
Fragmentos de lipolisacáridos asociados al lípido A*	2 000 - 4 000
Otros fragmentos de lipolisacáridos*	<8 000
Peptidoglucanos	1 000 - 20 000
Muramipéptidos	400 - 1,000
Toxinas secretadas activamente, que no precisan la lisis bacteriana	
Exotoxina A	66 000
Fragmentos de exotoxina A	<5 000
Otras Exotoxinas	20 000 - 50 000

Fuente: Elaboración propia en base a Nefrología 2016

Anexo 4: Análisis microbiológico y endotoxinas de líquido de diálisis

INFORME DE ENSAYOS

N° 0698 -2022

SOLICITANTE (*): NEFROLIFE PERÚ SAC
 DIRECCIÓN (*): Cañ. JUAN PARDO Y MIGUEL Nro. 245 URB. CHICLAYO
 CÓDIGO INTERNO: OT 240-3
 TIPO DE MATRIZ (*): AGUA DE PROCESO
PRODUCTO: AGUA PURIFICADA
 IDENTIFICACIÓN/PROCEDECIA (*): MÁQUINA DE HEMODIÁLISIS / NEFROLIFE PERÚ
 FECHA Y HORA DE MUESTREO (*): 05/04/2022 09:20 MUESTREADO POR (*): Personal de Laboratorio
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 05/04/2022 11:00 INICIO DE ANÁLISIS: 05/04/2022
PRESENTACIÓN DE MUESTRA: Fco x 250ml SUB-MUESTRAS: 01 unid.
ANÁLISIS SOLICITADO: MICROBIOLÓGICO Y ENDOTOXINAS

RESULTADOS:

ANÁLISIS: MICROBIOLÓGICO Y ENDOTOXINAS	RESULTADO	UNIDAD
1. Recuento de Bacterias Heterótrofas	> 1000	UFC/ml
2. *Endotoxinas	> 0.5	UE/ml (UI)

Leyenda: UFC = Unidades formadoras de colonias. VE: Valor estimado. Resultado: <1.0 es equivalente a cero.

Leyenda: UI: Unidad de Endotoxina o Unidad Internacional.

MÉTODOS USADOS:

Recuento de Bacterias Heterótrofas

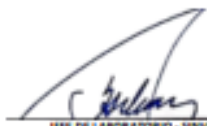
SMEWW 9215 A, B. 23rd ed. 2017. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate method.

Endotoxinas

Associates of CAPE COD Incorporated. Specialists in endotoxin and Glucan Detection

OBSERVACIONES

1. El informe de ensayo es válido solo para la cantidad de muestra recibida y analizada, no se debe reproducir sin aprobación del Laboratorio, excepto en su totalidad.
2. (*) Resultados corresponden a los métodos, matriz que no han sido acreditados por el INACR-DA. (**) *Información ha sido proporcionado por el cliente.*
3. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce; además, se prohíbe el uso del símbolo o la declaración de acreditado emitida en este informe por parte del cliente.
4. Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO/IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de la Calidad de Laboratorio.
5. Los ensayos acreditados del presente informe al estar en el marco de la acreditación del INACR-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de INAC e ILAC.


 JEFE DE LABORATORIO - SIBBIOL SRL
 Lic. Graciela Albino Cornejo
 CBP 2452

SIB-PT-10 F1 Rev. 04 26/08/2021

Lambayeque, 13 de abril de 2022

Pág. 1 de 1

Fuente: Laboratorio Symbiol

Anexo 5: Resultados microbiológicos y endotoxinas de agua tratada

INFORME DE ENSAYOS

N° 0698 -2022

SOLICITANTE (*): NEFROLIFE PERÚ SAC
 DIRECCIÓN (*): Call. JUAN PARDO Y MIGUEL Nro. 245 URB. CHICLAYO
 CÓDIGO INTERNO: OT 240-3
 TIPO DE MATRIZ (*): AGUA DE PROCESO
PRODUCTO: AGUA PURIFICADA
 IDENTIFICACIÓN/PROCEDENCIA (*): PLANTA DE TRATAMIENTO/ NEFROLIFE PERÚ
 FECHA Y HORA DE MUESTREO (*): 05/04/2022 09:20 MUESTREADO POR (*): Personal de Laboratorio
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 05/04/2022 11:00 INICIO DE ANÁLISIS: 05/04/2022
PRESENTACIÓN DE MUESTRA: Fco x 250mL SUB-MUESTRAS: 01 unid.
 ANÁLISIS SOLICITADO: MICROBIOLÓGICO Y ENDOTOXINAS

RESULTADOS:

ANÁLISIS: MICROBIOLÓGICO Y ENDOTOXINAS	RESULTADO	UNIDAD
1. Recuento de Bacterias Heterótrofas	> 100	UFC/mL
2. *Endotoxinas	> 0.25	UE/ml (UI)

Leyenda: UFC = Unidades formadoras de colonias. VE: Valor estimado. Resultado: <1.0 es equivalente a cero.

Leyenda: UI: Unidad de Endotoxina o Unidad Internacional.

MÉTODOS USADOS:

Recuento de Bacterias Heterótrofas SMEWW 9215 A, B, 23^{ra} ed. 2017. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate method.
 Endotoxinas Associates of CAPE COD Incorporated. Specialists in endotoxin and Glucan Detection

OBSERVACIONES

1. El informe de ensayo es válido sólo para la cantidad de muestra recibida y analizada; no se debe reproducir sin aprobación del Laboratorio, excepto en su totalidad.
2. (*) Resultados corresponden a los métodos, matriz que no han sido acreditados por el INACAL-DA; (*) información no sido proporcionado por el cliente.
3. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce; además, se prohíbe el uso del símbolo o la declaración de acreditado emitida en este informe por parte del cliente.
4. Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO/IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un Sistema de Gestión de la Calidad de Laboratorio.
5. Los ensayos acreditados del presente informe al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.


 JEFE DE LABORATORIO - SIMBIOL EIRL
 Lic. Graciela Albino Cornejo
 CBP 2452

Fuente: Laboratorio Simbiol

Anexo 6: Cotización de materiales

SUMIDIAL PERU

SUMIDIAL PERU
 Sánchez Molocho Madelein
 Mz "B" lote 07 Upis San Isidro Chiclayo
 Ruc 10279959731
ESPECIALSISTAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS
COMPRA VENTA DE REPUESTOS, MÁQUINAS DE HEMODIÁLISIS Y ELECTRÓNICA EN GENERAL

RUC	CLIENTE	CONTACTO	FECHA	CIUDAD
20603379081	Nefrolife Perú SAC			Chiclayo

TELEFONO	DIRECCION	E-MAIL	T.PAGO
	Calle Juan Pardo y Miguel N°245	Nefrolife.official@gmail.com	

ITEM	MODELO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	V.UNITARIO	V.TOTAL
		MARCA				
1	PN01008779	Aqua-Sensor	01	UNID.	S/570,00	S/570,00
2	AQT-TD-1203	Difusor Aquatrol	01	UNID.	S/87,40	S/87,40
3	001X8 NA FG	Resina catiónica Canature	05	UNID.	S/452,20	S/2 261,00
SUBTOTAL						S/2 918,40
IGV						S/525,31
DESCUENTO						S/0,00
TOTAL A PAGAR						S/3 443,71

Fuente: Sumidial Perú


Anexo 7: Programa de mantenimiento preventivo de filtros ablandadores y filtro de carbón activado



PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

GERENTE	JEFE	MANITO.

ANO 2022



DATOS DEL EQUIPO	
No. de máquina	2
Nom. máquina	Filtro Ablandador
Sistema de soporte	Electrico
Marca	Pentair
Modelo	ws-0.5 pie3 performa
No. de serie	111330119
No. de activo fijo	3
Fecha de manut.	2018
Capacidad	2.5 GMP
Localización	Planta de tratamiento
Fecha de elabora.	31-May-22
Responsable	Rosario Garcia Neira
Facilitador	Jarly perez Castillo
Ultima revision	Jarly perez Castillo
Hoja (x/y)	-

Mantenimiento Preventivo			
ITEM	PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Cabezal	Revisar caudal, manómetros y realizar Limpieza, ajustes a la válvula automática del filtro de resinas	SEMESTRAL
2	Tanque de regenerante	Cambio de material (sal gruesa) □	DIARIO
3	Resina de intercambio iónico	Cambio de la carga de resina	ANUAL

		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				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	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
P	R	X																																															
P	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
P	R																																																



DATOS DEL EQUIPO	
No. de máquina	3
Nom. máquina	Filtro de carbón activado
Sistema de soporte	Electrico
Marca	Pentair
Modelo	FSC-001
No. de serie	111330558
No. de activo fijo	4
Fecha de manut.	2018
Capacidad	2.5 GMP
Localización	Planta de tratamiento
Fecha de elabora.	31-May-22
Responsable	Rosario Garcia Neira
Facilitador	Jarly perez Castillo
Ultima revision	Jarly perez Castillo
Hoja (x/y)	-

Mantenimiento Preventivo			
ITEM	PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
1	Cabezal	Revisar caudal, manómetros	SEMESTRAL
2		Realizar Limpieza y ajustes a la válvula automática del filtro de resinas	SEMESTRAL
3	Resina de intercambio iónico	Cambio de la carga de resina	ANUAL

		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				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	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
P	R	X																																															
P	R																																																
P	R																																																


Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Resultados de análisis microbiológicos



SINBIOL
SERVICIOS DE INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 138



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N°LE -138

INFORME DE ENSAYOS

N° 1163 -2022

SOLICITANTE ():** NEFROLIFE PERÚ SAC
DIRECCIÓN ():** Call. JUAN PARDO Y MIGUEL Nro. 245 URB. CHICLAYO
CÓDIGO INTERNO: OT 420-1 y 420-2
TIPO DE MATRIZ: AGUA DE PROCESO
PRODUCTO ():** AGUA PURIFICADA
IDENTIFICACIÓN/PROCEDENCIA ():** PLANTA DE TRATAMIENTO- SALIDA EQUIPO ÓSMOSIS INVERSA y RETORNO/ NEFROLIFE PERÚ

FECHA Y HORA DE MUESTREO ():** 01/07/2022 10:30 y 10:35 MUESTREADO POR: Personal de Laboratorio
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 01/07/2022 11:30 INICIO DE ANÁLISIS: 01/07/2022
PRESENTACION DE MUESTRA: Fco x 250mL SUB-MUESTRAS: 02 unids.
ANÁLISIS SOLICITADO: MICROBIOLÓGICO

RESULTADOS:

ANÁLISIS : MICROBIOLÓGICO	RESULTADOS		UNIDAD
	Salida Equipo ÓSMOSIS INVERSA	RETORNO	
1. Recuento de Bacterias Heterótrofas	< 1.0	< 1.0	UFC/mL

Legenda: UFC = Unidades formadoras de colonias. VE: Valor estimado. Resultado: <1.0 es equivalente a cero.

MÉTODOS USADOS:
 Recuento de Bacterias Heterótrofas SMEWW 9215 A, B, 23rd. 2017. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate method.

OBSERVACIONES

1. El Informe de ensayo es válido sólo para la cantidad de muestra recibida y analizada; no se debe reproducir sin aprobación del Laboratorio, excepto en su totalidad.
 2. (*) Resultados corresponden a los métodos, matriz que no han sido acreditados por el INACAL-DA; (**) *Información ha sido proporcionada por el cliente.*
 3. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce; además, se prohíbe el uso del símbolo o la declaración de acreditado emitida en este Informe por parte del cliente.
 4. Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO/IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un Sistema de Gestión de la Calidad de Laboratorio.
 5. Los ensayos acreditados del presente informe al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.





JEFE DE LABORATORIO - SINBIOL E.I.R.L.
 Lic. Graciela Albino Cornejo
 CBP 2452

SIB-PT-10 F1 Rev. 04 26/08/2021

Lambayeque, 11 de julio de 2022

Pág. 1 de 1

Fuente: Laboratorio Symbiol

Anexo 10: Resultados de análisis de endotoxinas



INFORME DE ENSAYOS

N° 1164 -2022

SOLICITANTE ():** NEFROLIFE PERÚ SAC
DIRECCIÓN ():** Call. JUAN PARDO Y MIGUEL Nro. 245 URB. CHICLAYO
CÓDIGO INTERNO: OT 420-1 y 420-2
TIPO DE MATRIZ: AGUA DE PROCESO
PRODUCTO ():** AGUA PURIFICADA
IDENTIFICACIÓN/PROCEDENCIA ():** PLANTA DE TRATAMIENTO- SALIDA EQUIPO
ÓSMOSIS INVERSA y RETORNO/ NEFROLIFE PERÚ

FECHA Y HORA DE MUESTREO ():** 01/07/2022 10:30 y 10:35 MUESTREADO POR: Personal de Laboratorio
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 01/07/2022 11:30 INICIO DE ANÁLISIS: 01/07/2022
PRESENTACIÓN DE MUESTRA: Fco x 250mL SUB-MUESTRAS: 02 unids.
ANÁLISIS SOLICITADO: ENDOTOXINAS

RESULTADOS:

ANÁLISIS : ENDOTOXINAS	RESULTADOS		UNIDAD
	Salida Equipo ÓSMOSIS INVERSA	RETORNO	
1. *Endotoxinas	< 0.25	< 0.25	UE/ml (UI)

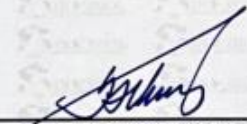
Leyenda: UI: Unidad de Endotoxina o Unidad Internacional.

MÉTODOS USADOS:
 Endotoxinas Associates of CAPE COD Incorporated. Specialists in endotoxin and Glucan Detection

OBSERVACIONES

1. El informe de ensayo es válido sólo para la cantidad de muestra recibida y analizada; no se debe reproducir sin aprobación del Laboratorio, excepto en su totalidad.
2. (*) Resultados corresponden a los métodos, matriz que no han sido acreditados por el INACAL-DA; (**) *Información ha sido proporcionada por el cliente.*
3. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce; además, se prohíbe el uso del símbolo o la declaración de acreditado emitida en este informe por parte del cliente.
4. Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO/IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un Sistema de Gestión de la Calidad de Laboratorio.
5. Los ensayos acreditados del presente informe al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.





JEFE DE LABORATORIO - SINBIOL EIRL
 Lic. Graciela Albino Cornejo
 CBP 2452

SIB-PT-10 F1 Rev. 04 26/08/2021
Lambayeque, 11 de julio de 2022

Pág. 1 de 1

Fuente: Laboratorio Symbiol

Anexo 12: Formato cronograma de análisis mensuales

CRONOGRAMA DE TOMA DE MUESTRAS MENSUALES						
MESES	FECHA DE SANITIZACIÓN			TOMA DE MUESTRA MICROBIOLÓGICA	TOMA DE MUESTRA QUÍMICAS	TOMA DE MUESTRA ENDOTOXINAS
Enero	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Febrero	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Marzo	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Abril	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Mayo	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Junio	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Julio	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Agosto	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Setiembre	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Octubre	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Noviembre	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Diciembre	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /

LEYENDA MUESTRAS QUÍMICAS	
Puntos toma de muestra	N°
Retorno anillo	1
Total	1

Horario de toma de muestras: 8:00 a. m.

LEYENDA MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS Y ENDOTOXINAS	
Puntos toma de muestra	N°
Salida osmosis	1
Retorno anillo	1
Máquinas de HD	2
Llegada a sala	1
Total	5

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Funciones de personal encargado

DESCRIPCIÓN Y PERFIL DEL PUESTO	
Nombre del puesto:	Técnico biomédico
Puesto al que le reporta	Coordinación de Enfermería, Gerencia
<p>Velar por la conservación y mantenimiento de los bienes patrimoniales de NEFROLIFE PERU S.A.C.</p> <p>Participar en la definición de las características técnicas de los equipos médicos y no médicos.</p> <p>Informar las actividades realizadas a su jefe inmediato, así como el llenado de la formatería bajo su responsabilidad, manteniéndola al día.</p> <p>Registrar todo acto con las máquinas de hemodiálisis y planta de agua</p> <p>Al inicio del día se toma muestra de agua determinando indicadores de conductividad, pH y test de dureza</p> <p>Control y verificación de parámetros de planta de tratamiento de agua</p> <p>Abastecimiento de sala industrial a tanque de salmuera después de que regeneran ablandadores de resina</p> <p>Verificación de niveles de tanque de agua dura</p> <p>Verificación el nivel de cisterna de piso (área de esterilización)</p> <p>Cambios de filtros de 5micras x 20 pulg y de 1 micras x 20 pulg. Cada que se necesite cambio</p> <p>Asistencia técnica de máquina de hemodiálisis</p> <p>Desinfección diaria con ácido peracético a máquinas (puristeril)</p> <p>Desinfección interdiario con hipoclorito de sodio (lejía al 6%)</p> <p>Desincrustación de máquinas interdiario con ácido cítrico</p> <p>Desincrustación semanal de hansee y lancetas</p> <p>Estabilización de máquinas al inicio de cada turno</p> <p>Realización de test diario a cada máquina</p> <p>Asistir obligatoriamente a las capacitaciones que programen sus Jefes inmediatos</p>	

Fuente: Elaboración propia

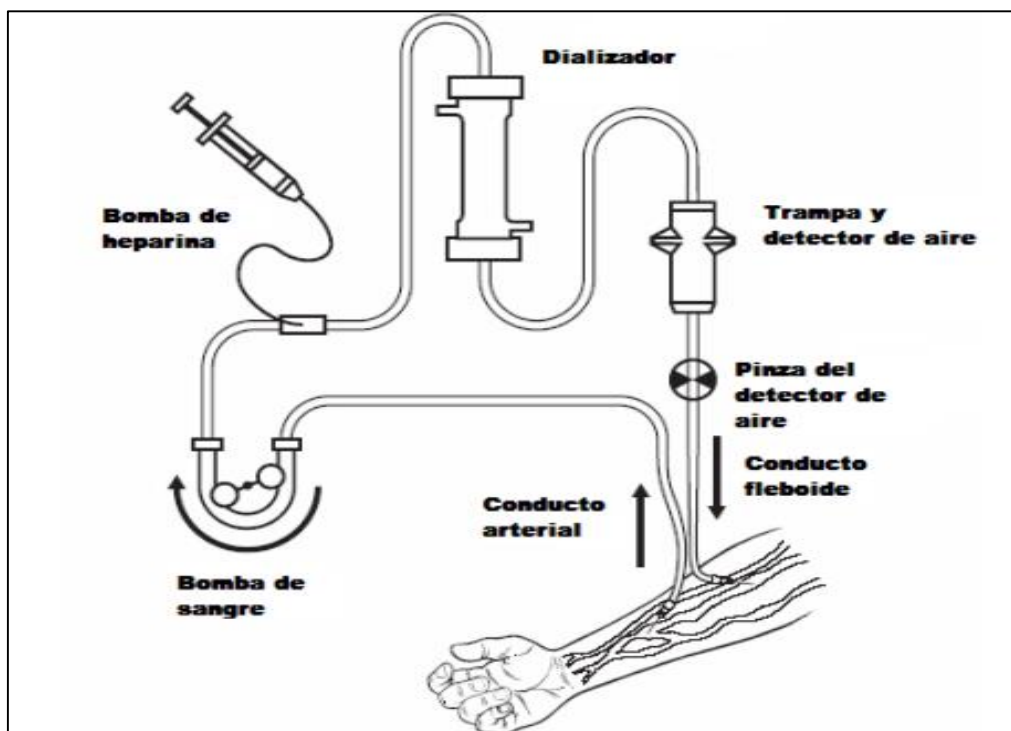


Figura 2: Conexión de paciente en tratamiento de hemodiálisis

Fuente: Revista Nefrología 2015

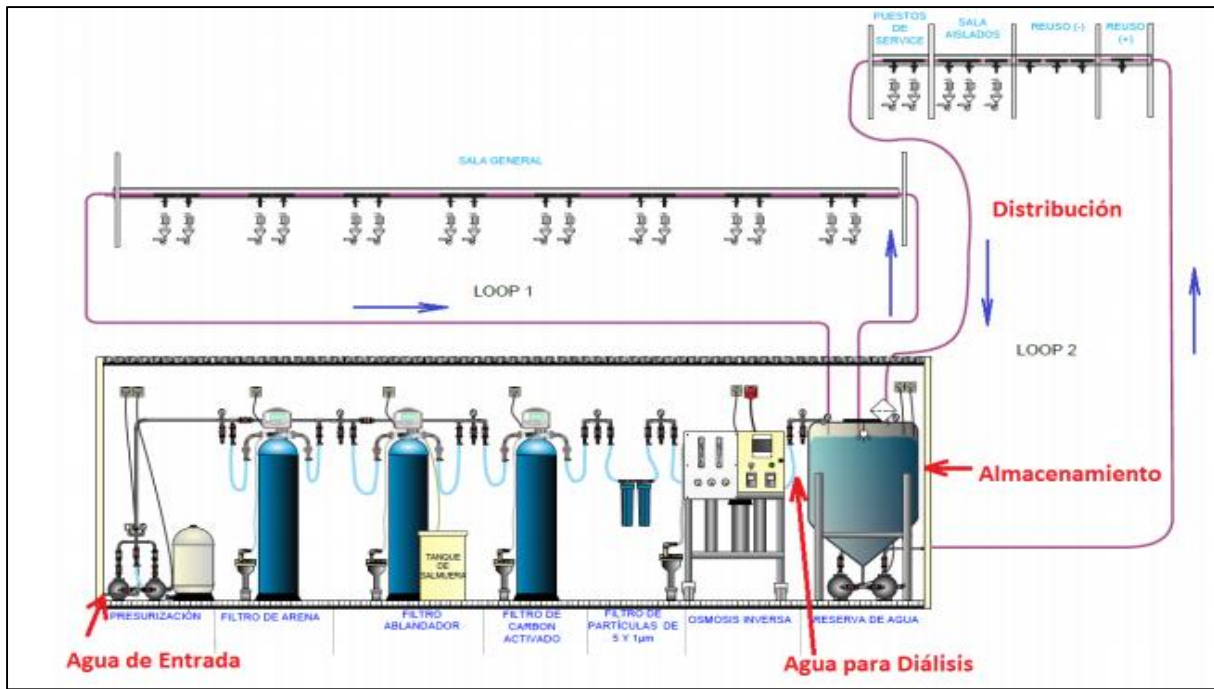


Figura 4: Etapas del sistema de tratamiento de agua

Fuente: Revista Nefrología 2015

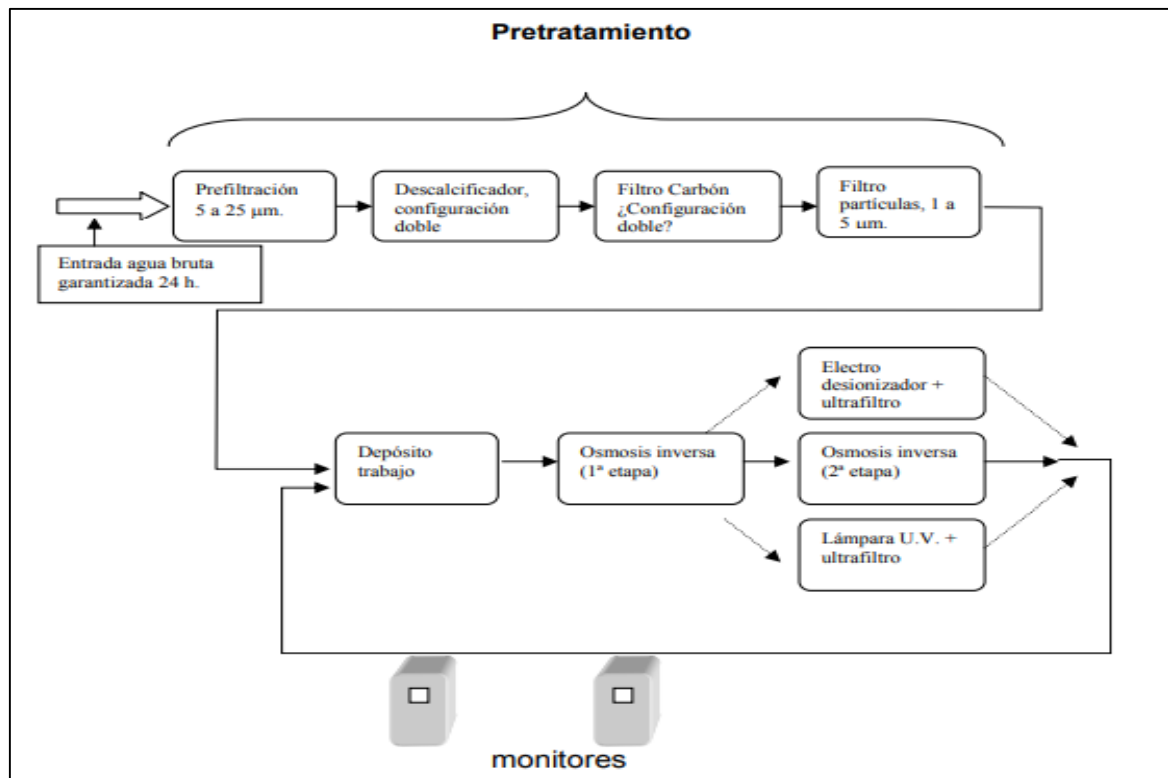


Figura 3: Sistema de distribución de agua tratada

Fuente: Revista Nefrología 2015

Anexo 14: Costos directos e indirectos

Costos directos

Costos indirectos

Materiales directos

Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Costo anual
Instrumentos de medición	3	S/ 500,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00
Químicos	1	S/ 7 269,40	S/ 7 269,40	S/ 7 269,40
Total			S/ 8 769,40	S/ 8 769,40

Mano de obra directa

Detalle	Salario mensual	Salario anual	Beneficios económicos	Total
Técnico biomédico	S/ 2 860,00	S/ 34 320,00	S/ 1 430,00	S/ 35 750,00
Total				S/ 35 750,00

Costos de operación

Descripción	Monto
Costos directos	S/ 44 519,40
Costos indirectos	S/ 150 965,00
Total	S/ 195 484,40

Materiales indirectos

Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Costo Anual
Repuestos de filtros	10	S/ 150,00	S/ 1 500,00	S/ 1 500,00
Kits de dureza	4	S/ 299,00	S/ 1 196,00	S/ 9 568,00
Reactivos	4	S/ 95,00	S/ 380,00	S/ 3 040,00
Lentes de protección	2	S/ 7,00	S/ 14,00	S/ 84,00
Guantes de protección	5	S/ 35,00	S/ 175,00	S/ 182,00
Total			S/ 3 265,00	S/ 14 374,00

Mano de obra indirecta

Detalle	Salario mensual	Salario anual	Beneficios económicos	Total
Supervisor	S/ 2 500,00	S/ 30 000,00	S/ 2 500,00	S/ 32 500,00
Total				S/ 32 500,00

Servicios

Detalle	Unidad de medida	Valor mensual	Costo total
Energía eléctrica	Anual	S/ 4 850,00	S/ 58 200,00
Agua potable	Anual	S/ 4 500,00	S/ 54 000,00
Mantenimiento maquinaria	Anual	S/ 1 250,00	S/ 2 500,00
Depreciación maquinaria	Anual	S/ 500,00	S/ 500,00
Total			S/ 115 200,00

Fuente: Elaboración propia

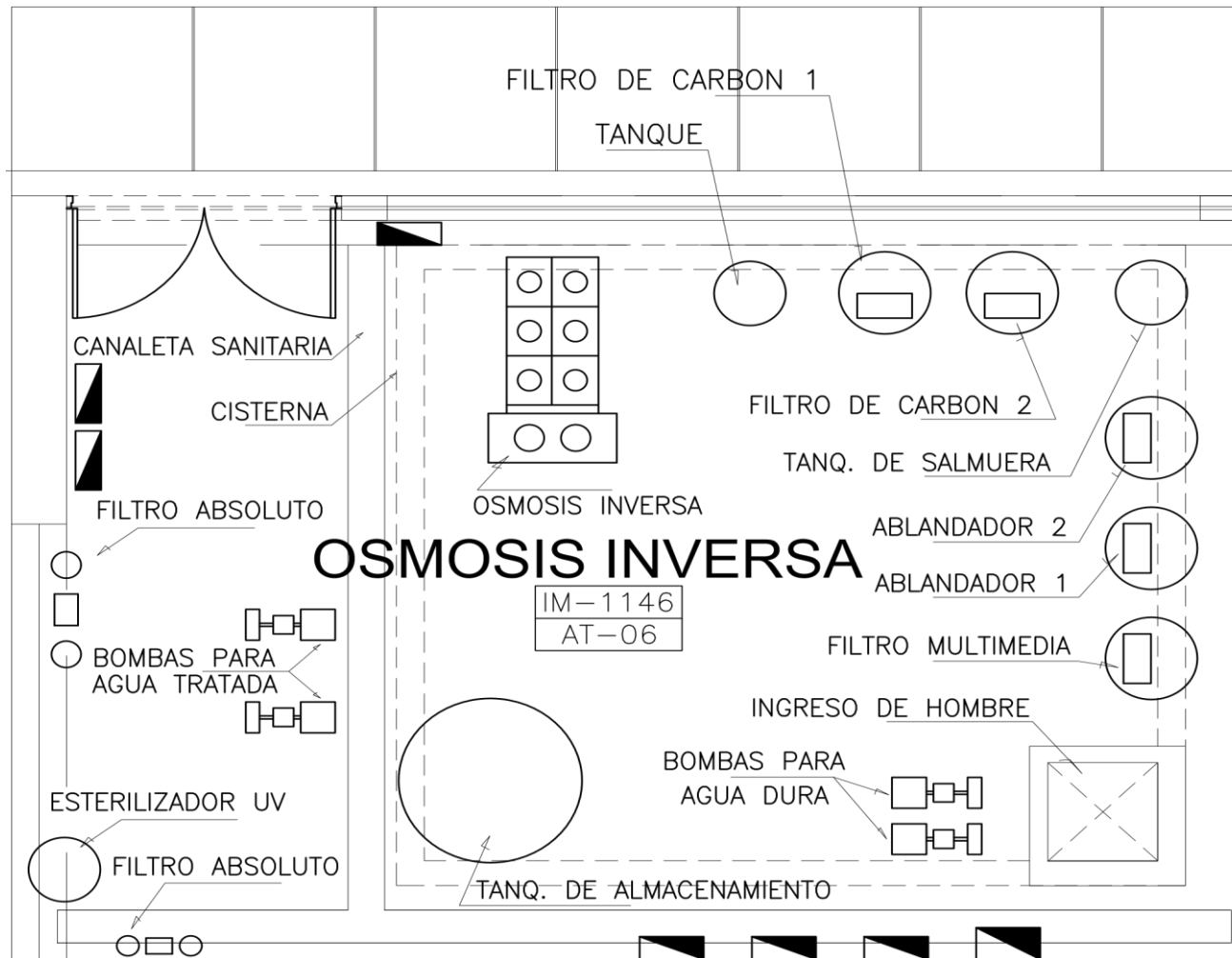
Anexo 15: Balance de propuesta

Costo anual total de propuesta							
Propuestas	Costo	Beneficio	Descripción	Marca	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Desincrustación de membranas para osmosis inversa	S/ 2 400	S/ 11 500	Membrana para osmosis inversa	Toray	10	S/ 1 150,00	S/ 11 500,00
Mejora de procedimientos de sanitización de osmosis inversa	S/ 3 600	S/ 36 800					
Total	S/ 6 000	S/ 48 300	Total S/ 11 500,00				

Situación que amerita sanción	Referencia normativa Legal	Forma de cálculo	Monto de la sanción		Monto anual
			UIT	Soles	
El recuento mensual de bacterias en agua para Hemodiálisis mayor a 100 UFC/ml (unidades formadoras de colonias)	Resolución Jefatural N° 039-2020-SIS-FISSAL-J	(2%) del monto total de la factura correspondiente al mes supervisado	1	S/ 4 600,00	S/ 9 200,00
El nivel de endotoxinas en el agua de diálisis mayor a 0.25 UE/ml	Resolución Jefatural N° 039-2020-SIS-FISSAL-J	(2%) del monto total de la factura correspondiente al mes supervisado	1	S/ 4 600,00	S/ 9 200,00
El incumplimiento de uno o más de los indicadores de calidad de agua: medición y registro diario de resultados de conductividad, pH de agua tratada, dureza del agua, control y registro mensual de resultados de Sodio, Potasio y Cloramina	Resolución Jefatural N° 039-2020-SIS-FISSAL-J	(5%) del monto total de la factura correspondiente al mes supervisado, de todos los ítems contratados por la IPRESS	2	S/ 9 200,00	S/ 18 400,00
MONTO TOTAL					S/ 36 800,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Plano de distribución de equipos de planta de tratamiento de agua



Fuente: Elaboración propia en base a manual de planta de tratamiento de Nefrolife Perú

Anexo 17: Criterios de selección de equipos

ÍTEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACIÓN	OBSERVACIONES														
1	Efecto sobre el Servicio que proporciona:																	
		Para	4	Parada general de la planta														
		Reduce	2	La producción														
		No para	0															
2	Valor Técnico - Económico:																	
	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento.	Alto	3	Más de US\$ 20000														
		Medio	2															
		Bajo	1	Menos de US\$ 1000														
3	La falla Afecta:																	
	a. Al Equipo en si	Si	1	Deteriora otros componentes?														
		No	0															
	b. Al Servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?														
		No	0															
	c. Al operador:	Riesgo	1	Posibilidad de accidente del operador?														
		Sin Riesgo	0															
d. A la seguridad en gnl.	Si	1	Posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos.															
	No	0																
4	Probabilidad de Falla (Confiabilidad)																	
		Alta	2	Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?														
		baja	0															
5	Flexibilidad del Equipo en el Sistema:																	
		Único	2	No existe otro igual o similar														
		By pass	1	El sistema puede seguir funcionando.														
		Stand by	0	Existe otro igual o similar no instalado														
6	Dependencia Logística:																	
		Extranjero	2	Repuestos se tienen que importar														
		Loc./Ext.	1	Algunos repuestos se compran localmente.														
		Local	0	Repuestos se consiguen localmente.														
7	Dependencia de la Mano de Obra:																	
		Terceros	2	El Mantenimiento requiere contratar a terceros.														
		Propia	0	El Mantenimiento se realiza con personal propio.														
8	Facilidad de Reparación (Mantenibilidad):																	
		Baja	1	Mantenimiento difícil.														
		Alta	0	Mantenimiento fácil.														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ESCALA DE REFERENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CRITICA</td> <td>16 a 20</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>IMPORTANTE</td> <td>11 a 15</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>REGULAR</td> <td>06 a 10</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>OPCIONAL</td> <td>00 a 05</td> </tr> </tbody> </table>		ESCALA DE REFERENCIA		A	CRITICA	16 a 20	B	IMPORTANTE	11 a 15	C	REGULAR	06 a 10	D	OPCIONAL	00 a 05	<p>Asignar los valores de la ponderación calificando al equipo por su incidencia sobre cada variable. Este paso requiere un buen conocimiento del equipo, su sistema, su operación, su valor y los daños que podría ocasionar una falla.</p> <p>Obtener el valor ponderado para cada equipo y agruparlas clasificándolas de acuerdo a la escala de referencia y buscando una distribución con sesgo izquierdo, como se muestra en la figura, a fin de acercarnos al costo mínimo de la actividad de mantenimiento</p>		
ESCALA DE REFERENCIA																		
A	CRITICA	16 a 20																
B	IMPORTANTE	11 a 15																
C	REGULAR	06 a 10																
D	OPCIONAL	00 a 05																

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18: Cálculo de criticidad de los equipos

Cálculo de la criticidad de los equipos																
ITEM	CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	PONDERACION											ESCALA DE REFERENCIA	¿SE INCLUYE EN EL PMP?	
			1	2	3A	3B	3C	3D	4	5	6	7	8			TOTAL
1	7435534-111218	Filtro de carbón activado	2	3	1	1	1	1	1	2	0	2	0	14	IMPORTANTE	No
2	U5-180/4T	Electrobombas	4	1	0	1	1	1	2	0	0	0	1	11	IMPORTANTE	No
3	7425670-110718	Filtros ablandadores	4	3	1	0	1	1	2	2	2	0	0	16	CRITICO	Si
4	7435531-111218	Filtro multimedia	0	2	1	0	0	1	2	2	1	2	1	12	IMPORTANTE	No
5	VL028200	Manómetro de 0-100 PSI	0	1	1	0	0	1	1	1	0	2	0	7	REGULAR	No
6	OI-008	Osmosis inversa	4	3	1	1	0	1	2	2	1	0	1	16	CRITICO	Si
7	MGPS20	Lampara ultravioleta	0	1	0	1	1	1	1	2	1	0	0	8	REGULAR	No
RESUMEN		Escala de referencia	CANTIDAD													
		CRITICO	2													
		IMPORTANTE	3													
		REGULAR	2													
		OPCIONAL	0													

Cálculo de la criticidad de los equipos					
ITEM	CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	POND.	ESCALA DE REFERENCIA	¿SE INCLUYE EN EL PMP?
1	0	Filtro de carbón activado	14	IMPORTANTE	No
2	0	Electrobombas	11	IMPORTANTE	No
3	0	Filtros ablandadores	16	CRITICO	Si
4	0	Filtro multimedia	12	IMPORTANTE	No
5	0	Manómetro de 0-100 PSI	7	REGULAR	No
6	0	Osmosis inversa	16	CRITICO	Si
7	0	Lampara ultravioleta	8	REGULAR	No

RESUMEN	Escala de referencia	CANTIDAD
	CRITICO	2
	IMPORTANTE	3
	REGULAR	2
	OPCIONAL	0

Fuente: Elaboración propia

Anexo 19: Matriz Leopold

Componentes	Acciones		Labores de aplicación				Interacción		Sumatoria	
			Limpieza de tubería	Desincrustación de membranas	Sanitización de anillo	Enjuague de membranas	Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Negativa	Positiva
Factores ambientales										
Medio físico	Agua	Calidad del agua	-2 / 4	-1 / 5	-6 / 6	-5 / 7	4	0	14 / 2	
	Suelo	Composición	-1 / 4	1 / 5	1 / 3	2 / 7	3	1	1 / 4	4 / 15
	Aire	Manejo de residuos	1 / 2	2 / 5	2 / 3	3 / 1	4	0		8 / 11
Medio socioeconómico	Social	Seguridad y salud	-8 / 4	-7 / 5	-6 / 5	-5 / 3	0	4	26 / 17	
		Calidad de vida	2 / 3	2 / 3	2 / 3	2 / 3	4	0		8 / 12
Interacción		Negativa	3	2	2	2	15			
		Positiva	2	3	3	3		5		
Sumatoria		Negativa	11 / 12	8 / 10	12 / 11	10 / 10			41 / 23	
		Positiva	3 / 5	5 / 13	5 / 9	7 / 11				20 / 38
Resultados			Se tiene una mejor calidad de agua, el impacto de la propuesta al medio ambiente es bajo						2,73 / 1,53	4 / 7,6

Magnitud				Importancia		
Intensidad	Alteración	Calificación	Duración	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja		-1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media		-2	Media	Puntual	2
Baja	Alta		-3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja		-4	Temporal	Local	4
Media	Media		-5	Media	Local	5
Media	Alta		-6	Permanente	Local	6
Alta	Baja		-7	Temporal	Regional	7
Alta	Media		-8	Media	Regional	8
Alta	Alta		-9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta		-10	Permanente	Nacional	10

	Positivo	Negativo
Valores de magnitud del impacto	1 A 10	1 A 10
Valores de importancia del impacto	1 A 10	

Valoración de Impactos	
Impacto Bajo	1 A 30
Impacto Medio	31 - 61
Impacto Severo	61 - 92
Impacto Crítico	> 93

Fuente: Elaboración propia

Anexo 20: Hoja resumen de atenciones realizadas en el mes

Gerencia Central de Prestaciones de Salud
Centro Nacional de Salud Renal

SERVICIOS CONTRATADOS DE HD

Fecha : 30/07/2022

HOJA DE RESUMEN

=====

NOMBRE DEL CENTRO : NEFROLIFE PERU

MES Y AÑO : JULIO 2022

NUMERO DE PACIENTES : 75

NUMERO DE DIÁLISIS : 700 DE 780

NUEVOS INGRESOS

0

HOSPITALIZADOS

5

TRASPLANTADOS

0

TRANSFERIDOS

0

CAPD

0

FALLECIMIENTOS

0

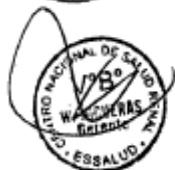
REINGRESO DE HOSPITALIZACION

< NOMBRE DEL PACIENTE >

< CAUSA CIE10 >

=====

*** FIN DEL REPORTE ***



Fuente: Nefrolife Perú