

**DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL  
ÁREA DE PROCESAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN MÁQUINAS DE  
HEMODIÁLISIS**

**Evelyn Sandrid Herazo Montes de Oca**

**Trabajo dirigido**

**Tutor**

**Ing. Néstor Flórez Luna**



**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO  
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO  
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ D.C  
2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente doy gracias a Dios por no dejarme sola en ningún momento del camino, por ayudarme en la meta hacia la profesión que me apasiona, y por colocar en mí el conocimiento y la perseverancia para no abandonar nunca mis sueños, gracias a él, he podido lograr cada una de mis metas propuestas.

Gracias a mis padres que son el pilar de mi vida, y mi motivación diaria, los que siempre tienen una palabra de aliento, un mensaje de motivación, una sonrisa cálida y un abrazo seguro, gracias a ellos que me han acompañado en todos mis proyectos. Este proyecto da paso al final de un gran ciclo en mi vida, mi carrera profesional, este triunfo no es solo mío, también es de ellos. A mi hermano, mis abuelas, y mi familia, que siempre aportan con su amor y acompañamientos, sin ellos el camino no hubiera sido igual.

Gracias a mis amigos, esos que me conocieron en todas mis facetas, que me brindaron ayuda, un apoyo, y siempre sonrisas, gracias porque con ustedes la vida es más bonita.

Finalmente, pero no menos importante agradezco a mi profesor y tutor, el ingeniero Néstor Flórez Luna, quien me apoyó con la idea del proyecto desde el inicio, y creyó en mí y en mi trabajo a pesar de las circunstancias. Sin su ayuda este proyecto no hubiera sido posible, gracias por trabajar con interés e instruirme en mi carrera, gracias por ser un profesor que acompaña a sus estudiantes y los ayuda en su camino a ser grandes profesionales.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Insuficiencia renal aguda .....	9
2.2. Insuficiencia renal crónica .....	9
2.3. Datos epidemiológicos en Colombia .....	9
2.4. Diagnóstico y tratamiento .....	10
2.4.1. Diálisis peritoneal .....	10
2.4.2. Hemodiálisis .....	10
2.5. Principios de la hemodiálisis .....	10
2.5.1. Circuito sanguíneo extracorpóreo.....	11
2.5.2. Circuito hidráulico interno .....	12
2.6. Planta de tratamiento de agua .....	13
2.6.1. Tratamiento físico.....	14
2.6.2. Tratamiento químico .....	14
2.6.3. Tratamiento biológico.....	14
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
4. RIESGOS Y PELIGROS .....	16
4.1. Bacterias en el agua .....	16
4.2. Contaminantes químicos .....	16
4.2.1. Sustancias químicas que causan toxicidad en pacientes en diálisis .....	16
4.2.2. Sustancias fisiológicas que pueden afectar negativamente al paciente si están presentes en el líquido de dializado en cantidades excesivas.....	17
5. NORMATIVA EXISTENTE .....	19
6. PROTOCOLO PARA GARANTIZAR LA CALIDAD EN EL SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE AGUA.....	20
6.1. Procedimientos .....	20
6.1.1. Operación técnica básica.....	20
6.1.2. Uso del equipo .....	22
6.1.3. Chequeos de seguridad.....	23
6.1.4. Mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección .....	23

6.1.5.	Mantenimiento predictivo .....	37
6.1.6.	Seguimiento programado, identificación de fallas y reparación .....	38
6.1.7.	Mantenimiento de registros .....	39
6.1.8.	Monitoreo de pacientes .....	39
6.2.	Capacitación del personal .....	40
6.3.	Monitoreo y evaluación .....	40
6.3.1.	Monitoreo diario .....	41
6.3.2.	Monitoreo mensual.....	41
7.	METODOLOGÍA.....	43
7.1.	Diagrama de Gantt .....	43
7.2.	Identificación del problema.....	43
7.3.	Pregunta de investigación .....	44
7.4.	Hipótesis .....	44
7.5.	Solución y estructura del protocolo .....	44
7.6.	Metodología .....	45
8.	RESULTADOS .....	48
9.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
10.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	56
11.	CONCLUSIONES.....	57
	REFERENCIAS .....	58
	ANEXOS.....	61

## LISTA DE TABLAS

TABLA I Características químicas del agua.....	19
--	----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Relación entre circuito extracorpóreo y entre circuito hidráulico en una máquina de hemodiálisis [14].....	11
<b>Figura 2.</b> Modelo de circuito de paciente utilizado en una hemodiálisis [13].....	11
<b>Figura 3.</b> Esquema general del circuito hidráulico para el concentrado de bicarbonato [15].....	13
<b>Figura 4.</b> Principio de ósmosis inversa [23] .....	21
<b>Figura 5.</b> Diagrama general de los elementos dentro del área de procesamiento de agua. Elaboración del autor.....	22
<b>Figura 6.</b> Pasos en la solución del diseño del protocolo propuesto. Elaboración del autor.....	44
<b>Figura 7.</b> Resultados pregunta número 1 .....	48
<b>Figura 8.</b> Resultados pregunta número 2.....	48
<b>Figura 9.</b> Resultados pregunta número 3.....	49
<b>Figura 10.</b> Resultados pregunta número 4.....	49
<b>Figura 11.</b> Resultados pregunta número 5.....	50
<b>Figura 12.</b> Resultados pregunta número 6.....	51
<b>Figura 13.</b> Resultados pregunta número 7.....	51
<b>Figura 14.</b> Resultados pregunta número 8.....	52

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Diagrama de Gantt.....	61
<b>Anexo 2.</b> Formato de servicio técnico en caso de falla. Elaborado por el autor.....	62
<b>Anexo 3.</b> Formato de mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección. Elaborado por el autor.....	63
<b>Anexo 4.</b> Formato de mantenimiento en infraestructura. Elaborado por el autor.....	64
<b>Anexo 5.</b> Formato de reporte de pruebas microbiológicas. Elaborado por el autor.....	65
<b>Anexo 6.</b> Formato de monitoreo diario. Elaborado por el autor.....	66
<b>Anexo 7.</b> Encuesta realizada.....	67

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad van incrementando el número de enfermedades que afecta a la población mundial, a pesar de que la lista es extensa, siempre están las enfermedades que afectan a un grupo mayoritario de habitantes, como lo es la enfermedad renal crónica, de hecho, una de cada diez personas en el mundo la padece y para muchos países la enfermedad renal se relaciona con altos costos en atención médica, la mala calidad de vida y resultados de salud graves que se dan de forma adversa. Sin embargo, no hay mucha garantía en el tratamiento de la enfermedad, puesto que, muchos países no priorizan la salud renal y no la incluyen en las principales estrategias de control de enfermedades crónicas según el informe global The Global Kidney Health Atlas que fue recopilado por la Sociedad Internacional de Nefrología [1]. A nivel mundial, en los países más desarrollados la cantidad de habitantes en terapias de enfermedad renal es superior a 1000 pacientes por millón de habitantes, en Colombia podríamos llegar a esa cifra, de hecho, un aspecto que preocupa a los nefrólogos es el diagnóstico tardío de la enfermedad, lo que conlleva a remitir al paciente directamente al tratamiento [2]. Lo que hace urgente garantizar un buen tratamiento en el paciente, sin complicaciones y que pueda contribuir a mejorar la calidad de vida.

La enfermedad o insuficiencia renal es una condición que afecta la cotidianidad de los pacientes que la padecen, supone una carga tanto para el paciente como para la familia, incluso para el sistema de salud, puesto que la enfermedad cuando entra en nivel crónico es la sexta causa de muerte más rápida a nivel mundial. La insuficiencia renal es un síndrome clínico derivado de una disminución de la función renal. Se caracteriza por la elevación de sustancias nitrogenadas en la sangre y puede acompañarse de oliguria, esto es una disminución anormal del volumen de orina que puede producir un paciente en 24 horas [3]. Como se evidencia una disminución de la función renal, esto supone el daño transitorio o permanente de los riñones. Los riñones son órganos importantes, son los que más trabajan del sistema urinario, se encarga de la excreción de residuos y sustancias extrañas en la orina, además se encargan de regular diversas propiedades de la sangre, incluyendo composición iónica, pH, osmolaridad, volumen de sangre, tensión arterial y los niveles de glucosa en sangre. Los riñones también producen hormonas importantes, como el calcitriol para regular los niveles de calcio y eritropoyetina para estimular la producción de glóbulos rojos [4]. Lo que hace urgente la necesidad de garantizar un buen tratamiento y una mejor calidad de vida a las personas con enfermedad renal.



## 2.

### MARCO TEÓRICO.

Existen dos tipos de insuficiencia renal, aguda y crónica.

#### 2.1. Insuficiencia renal aguda.

La insuficiencia renal aguda (IRA) comienza de forma repentina y puede revertirse. En diagnóstico se divide en:

- **Pre – renal:** es causada por la capacidad de adaptación fisiológica del riñón a la disminución del flujo sanguíneo renal (hipoperfusión). Se caracteriza por la retención de líquidos, y las pruebas de función renal muestran disminución de la filtración glomerular y una función tubular normal.
- **Post - renal:** que es un problema de tipo obstructivo y si no se trata puede derivar en intrínseca. Puede ocurrir en varios niveles: uretral, vesical o ureteral.
- **IRA intrínseca:** que supone un daño tisular agudo del tejido, dependiendo de la gravedad puede presentar síntomas como falta de apetito, náuseas, debilidad muscular, somnolencia, entre otros. La hipoperfusión prolongada se da principalmente por necrosis tubular aguda, siendo una de las formas más comunes de la IRA intrínseca.

Pero el riesgo de la IRA está en las infecciones que se puedan adquirir que es la causa más frecuente de mortalidad en la enfermedad, puesto que hasta el 30% de admisiones en Unidades de Cuidados Intensivos son por IRA [5].

#### 2.2. Insuficiencia renal crónica:

Cuando el paciente entra en insuficiencia renal crónica (IRC) es porque ha avanzado lentamente en el proceso y podría presentar la insuficiencia de forma permanente. La IRC según estudios afecta más a hombres que a mujeres, incluso adaptarse a vivir con esta patología marcando el hecho de que no tiene cura y su tratamiento es complejo, supone alteraciones en la calidad de vida por dolencias y limitaciones físicas constituyendo un problema de salud social y económico [6]. Como la IRC es una pérdida progresiva de la función renal, conlleva a retención de líquidos, baja filtración en la orina e irregularidad de las propiedades de la sangre. Los pacientes con insuficiencia renal deben llevar una dieta estricta y cuidar de su salud física, puesto que esta enfermedad podría desencadenar otros problemas como lo son, problemas cardíacos, presión arterial alta, problemas de colesterol, anemias, problemas minerales, problemas óseos, mala nutrición e incluso depresión. No todos pueden prevenirse, pero si se tratan a tiempo con los cuidados necesarios, son más fáciles de sobrellevar [7].

#### 2.3. Datos epidemiológicos en Colombia.

Los casos confirmados de falla renal en Colombia aumentan con el paso de los años. En 2018 en Colombia se reportaron 35.363 casos de falla renal crónica de estadio 5, y 5.804 casos nuevos para 2019, una cifra que sólo va en aumento según análisis del Instituto Nacional de Salud. Más del 70% de trasplantes de órganos realizados en el país son por enfermedad renal, cuando el paciente presenta insuficiencia renal crónica.

En 2019 en Colombia se realizaron 1.182 trasplantes y 846 fueron de riñón confirmando la cifra del más del 70% [8].

#### **2.4. Diagnóstico y tratamiento.**

Antes de recomendar un tratamiento el médico debe determinar el estadio de la enfermedad midiendo la tasa de filtración glomerular (GFR) y cuando este valor está por debajo de 15 la enfermedad está en estadio 5 o se diagnostica insuficiencia renal crónica y se utiliza un procedimiento llamado diálisis, puesto que esta enfermedad no tiene cura. De los dos tipos de diálisis las más utilizadas son; la hemodiálisis que se utiliza en un 80% a 90% y la diálisis peritoneal continua ambulatoria que se utiliza en un 10% a 20% [9].

##### **2.4.1. Diálisis peritoneal.**

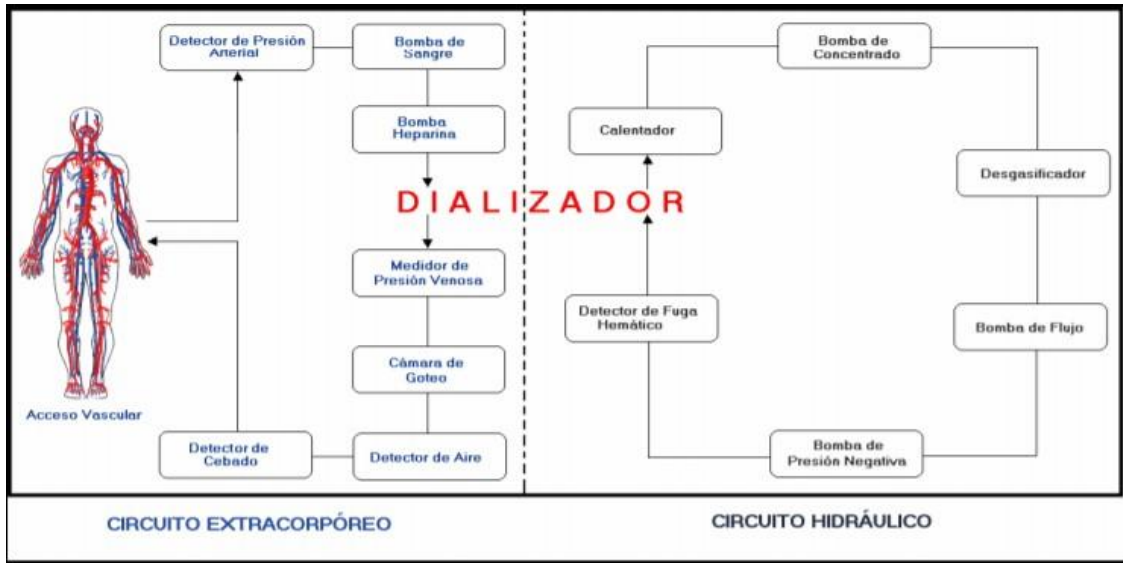
Es la menos utilizada y se conoce como un procedimiento terapéutico donde se induce un intercambio de sustancias entre el espacio intravascular y la cavidad peritoneal, y por ende la extracción del exceso de líquido en el cuerpo. El intercambio de estas sustancias se logra por infusión a la cavidad peritoneal, que induce el movimiento de líquidos, como resultado la cavidad peritoneal queda con un líquido que contiene los productos del metabolismo corporal que el riñón ha dejado de eliminar, y de esta manera se suple la función del riñón durante la terapia [10].

##### **2.4.2. Hemodiálisis.**

Es la más utilizada y se conoce como un proceso de depuración de la sangre que suple de manera parcial las funciones del riñón como excretar agua y solutos, y regular el equilibrio ácido-básico y electrolítico, el resto de las funciones renales no las cumple. Como se mencionó anteriormente, la hemodiálisis se utiliza en un 80% a 90% de personas con enfermedad renal, por lo que nos concentramos en este tratamiento.

#### **2.5. Principios de la hemodiálisis.**

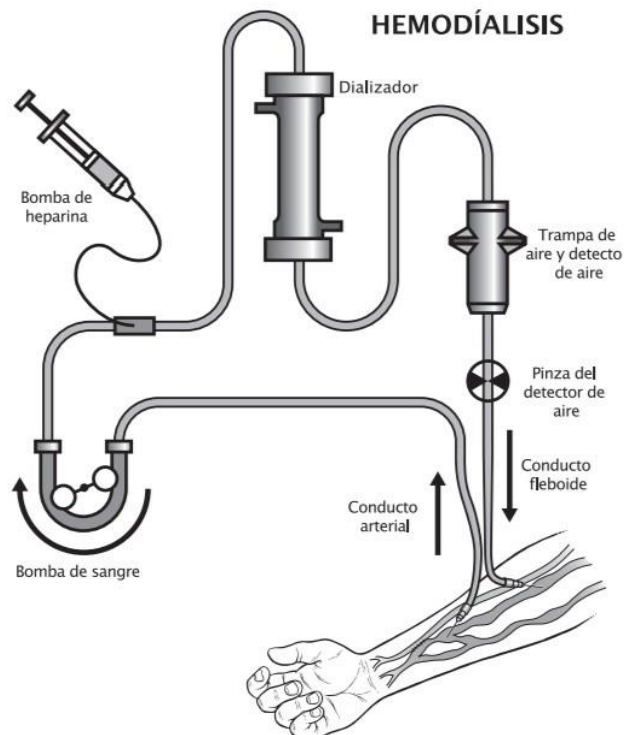
En la hemodiálisis se utiliza un dializador que limpia la sangre, funcionando como un riñón artificial, dentro de él se encuentran dos compartimentos líquidos, la sangre y el líquido de diálisis separados por una membrana semipermeable [11]. La mayoría de los dializadores eliminan de manera adecuada pequeños solutos, como la urea, la creatinina y el líquido en exceso, siempre que se utilicen los valores adecuados de flujo sanguíneo y tiempo de tratamiento, datos que el profesional de la salud introduce en una máquina de hemodiálisis [12]. En una hemodiálisis se usan dos circuitos, el circuito sanguíneo extracorpóreo, y el circuito hidráulico interno.



**Figura 1.** Relación entre circuito extracorpóreo y entre circuito hidráulico en una máquina de hemodiálisis [14].

### 2.5.1. Circuito sanguíneo extracorpóreo.

En la máquina de hemodiálisis se coloca el circuito del paciente el cual va conectado mediante accesos sanguíneos, estos pueden ser: una fístula, un injerto o un catéter [13].



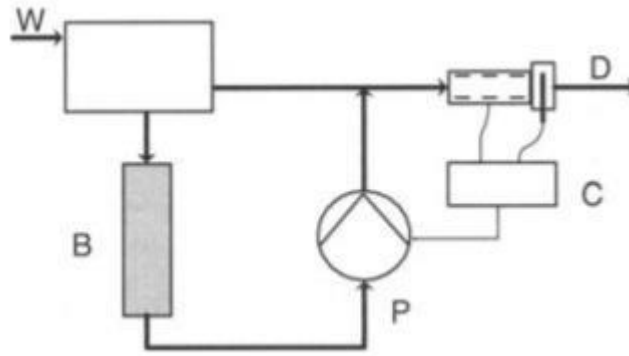
**Figura 2.** Modelo de circuito de paciente utilizado en una hemodiálisis [13].

Como se puede apreciar en la Figura 2, el camino de la sangre comienza desde el conducto arterial del paciente, pasa por una bomba de sangre, la velocidad de

la bomba está determinada por el flujo ajustado previamente en la máquina de hemodiálisis, sin embargo, el flujo habitual en pacientes adultos es de 200-350 ml/min y hasta 600 ml/min en diálisis de alta eficiencia, luego se encuentra una bomba de heparina para evitar coagulaciones, la sangre pasa por el filtro donde se limpia al interactuar con el líquido de dializado, sale del filtro y mediante goteo entra a una trampa de agua para evitar que cualquier burbuja se dirija hacia el paciente, pero por protección pasa por un detector de aire, y si la máquina detecta que en la vía hay presencia de burbujas se cierra el conducto y se apaga la bomba para evitar que entren burbujas al paciente, si no hay burbujas la sangre sigue su recorrido hasta llegar al paciente. Este circuito de paciente también incluye sensores de presión, conocidos como hidrofóbicos, los cuales permiten tener valores precisos de presión arterial y presión venosa, ya depende de la máquina de hemodiálisis que parámetros muestre en pantalla.

### **2.5.2. Circuito hidráulico interno.**

Es el circuito por el cual se transporta el líquido de diálisis hacia y desde el filtro que se encuentra en el circuito sanguíneo extracorpóreo, este circuito está en el interior de la máquina de diálisis. La máquina se encarga de calentar, desgasificar y preparar el líquido de diálisis y ultrafiltrar el líquido que se programa al paciente. Para comenzar este circuito la máquina está conectada a una entrada de agua, esta agua debe ser previamente tratada en un área de procesamiento de agua según el estándar AAMI [21]. Primero el agua tratada pasa por un calentador, para llevar el agua a 36-40°C antes de mezclarse con el líquido de diálisis, si el agua llega a 35°C se considera un líquido frío y no produce daños graves, aunque se recomienda mantener este rango de temperatura que es lo ideal para el cuerpo humano, si sube por encima de 41°C se produce hemólisis y desnaturalización de las proteínas. Luego pasa a la bomba de concentrado, aquí se mezcla el agua con los concentrados de líquido para hemodiálisis, se mezcla en una proporción de 1:35, aunque este parámetro depende de la calibración en cada máquina de diálisis, pero normalmente esta es la proporción, es decir, a una parte de concentrado, 35 partes de agua, a veces varía de 1:33 a 1:34. En la actualidad la mayoría de diálisis se realizan con bicarbonato, por ende las máquinas vienen equipadas con dos bombas de concentrado, una para el concentrado ácido y otra para el concentrado bicarbonato. La proporción se mide mediante el parámetro de conductividad, que mide la capacidad que tienen las soluciones para transportar corriente eléctrica, se mide en mS/cm (milisiemens por centímetro), y los valores normales para una máquina de hemodiálisis están entre 13 y 15 mS/cm. Luego el agua pasa por un desgasificador, ya que al calentarse produce burbujas y estas no pueden pasar hacia el circuito sanguíneo. Al tener la concentración de agua y de líquido de dializado correctas pasa por una bomba de flujo que normalmente va a 500 ml/min, la cual se encarga de llevar el líquido de diálisis hacia el dializador, y una bomba para el ultrafiltrado. Además, este circuito cuenta con un detector de fugas hemáticas, es una cámara detrás del dializador por la que pasa luz infrarroja y detecta pequeñas cantidades de hemoglobina en el líquido de diálisis suponiendo una rotura de la membrana del dializador lo que inhibe el funcionamiento adecuado de la máquina de hemodiálisis [14].



**Figura 3.** Esquema general del circuito hidráulico para el concentrado de bicarbonato [15].

En la Figura 3 se puede observar un esquema básico general de una parte del sistema hidráulico, siendo W la entrada de agua, que en conjunto con B que es el concentrado de bicarbonato, se mezclan en P que es la bomba de concentrado según su proporción de concentrado como mencionamos anteriormente. La bomba de concentrado P está regulada por un sistema de control de mezclado propio de la máquina de hemodiálisis, y vemos según el esquema que luego de la bomba de concentrado el líquido llega a D que es el dializado final que se dirige al filtro del circuito sanguíneo extracorpóreo.

Las máquinas de hemodiálisis poseen un sistema de alarma audibles con colores para que se detecten de forma rápida, puesto que muchas alarmas detienen la bomba de sangre, y esto puede ocasionar que la sangre en la vía se coagule, lo que supone un riesgo en el proceso de diálisis. Ya explicado el principio de funcionamiento de las máquinas de hemodiálisis y su conexión al paciente, es importante resaltar que para el correcto funcionamiento del tratamiento de hemodiálisis es de vital importancia el tratamiento que se le da al agua que entra a cada máquina de hemodiálisis. Actualmente las clínicas o centros que presten servicios de nefrología y se preocupen por la calidad de sus servicios utilizan sistemas de tratamiento y distribución de agua, implementan una zona en el hospital destinada a esta función con tuberías que llevan agua tratada a cada máquina de hemodiálisis y a las áreas de lavado de fístulas y otros elementos médicos. Incluso en esta zona de tratamiento de agua, se hace la preparación de los concentrados de ácido y de bicarbonato. Todo este sistema de tratamiento de agua en conjunto con la desinfección por calor de las máquinas, la desinfección con ácido acético e hipoclorito al interior de cada máquina y la desinfección del área de tratamiento de agua y tuberías garantiza una correcta hemodiálisis que se verá reflejada en la mejora de la calidad de vida del paciente.

## 2.6. Planta de tratamiento de agua.

El agua procesada es el componente principal para preparar el líquido de diálisis utilizado en cada máquina, es necesario que esta agua sea de calidad, de lo contrario representa un riesgo en el líquido de diálisis y por ende en el organismo de los pacientes sometidos a este tipo de tratamiento. Por esta razón, la calidad del agua debe estar sujeta a normas o estándares de tratamiento de agua. Normalmente el agua para preparar el líquido de diálisis viene del suministro de agua potable del lugar, muchas veces se considera que por ser el agua potable y consumible no genera daños en el

paciente, esto es un error, a pesar de que el agua sea potable puede contener algunos tipos de contaminantes que a largo plazo puede causar problemas de salud en los pacientes. Muchas veces el agua potable trae contaminantes de cloramina usado como desinfectante o de sulfato de aluminio para clarificar el agua, sin mencionar los residuos en las tuberías o en los tanques de almacenamiento, todos estos factores pueden llevar el agua con contaminantes químicos y microbiológicos que deben ser tratados antes de utilizar el agua en la preparación de líquido de diálisis [16]. Una planta de agua tiene varios procesos para alcanzar el producto deseado de agua, por ende, se compone de varios tratamientos:

### **2.6.1. Tratamiento físico.**

Modifica la presentación del agua eliminando las partículas sólidas suspendidas existentes en el agua, para esto se utilizan filtros con membranas. Las membranas varían según el tamaño de las partículas que retienen, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa, así mismo se necesita una presión para empujar el líquido a través de las membranas.

### **2.6.2. Tratamiento químico.**

Este se hace con carbón activado y resina ionizada. El carbón activado filtra y purifica el agua, eliminando contaminantes como el cloro, disolventes orgánicos, pesticidas, entre otros. Esto pasa gracias a que muchos de los contaminantes presentes en el agua tienen cargas positivas y son atraídos por la carga negativa del carbón activado. La resina ionizada es utilizada para tratar la dureza del agua, estas resinas llevan a cabo un intercambio iónico con cadenas hidrocarbonadas que ayudan al proceso de filtración y se logra suavidad, desalcalinización, desmineralización, mayor eliminación de nitratos y un aumento en el control de contaminación.

### **2.6.3. Tratamiento biológico.**

Se hace con luz ultravioleta que elimina microorganismos, bacterias y virus en el agua. Dependiendo de la intensidad y tiempo estipulado puede esterilizar todos estos microorganismos.

Luego de todo el tratamiento se obtiene un producto con agua tratada y limpia para poder utilizar en las máquinas de hemodiálisis [17]. Las plantas de tratamiento de agua normalmente tienen tres secciones básicas, una sección de pretratamiento del agua seguida por otros dispositivos que pulen la calidad final del agua. Según las especificaciones del estándar nacional americano ANSI/AAMI RD62, la sección de pretratamiento en la mayoría de los casos incluye un filtro de sedimentos, un filtro para retener partículas, un filtro suavizador y filtro de carbono. Siguiendo a esto, el proceso de purificación de agua más utilizado es la ósmosis inversa, que normalmente va seguida de un proceso de desionización y ultrafiltración para garantizar la calidad del producto final de la ósmosis inversa. Cabe resaltar que cada dispositivo depende de las condiciones del lugar donde se implemente la planta de procesamiento de agua.

### **3. OBJETIVOS.**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Diseño de un protocolo de mantenimiento preventivo para el área de procesamiento de agua utilizada en máquinas de hemodiálisis.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Diseño de procesos de lavado y desinfección a todos los componentes del área de procesamiento de agua.
- Elaborar una rutina de mantenimiento preventivo, predictivo e inspección de parámetros para toda el área de procesamiento de agua.
- Elaborar diferentes formatos de diligenciamiento para llevar un control de los mantenimientos, fallas y reparaciones del área de procesamiento de agua.

## **4. RIESGOS Y PELIGROS.**

Es importante garantizar que el producto final del área de procesamiento de agua que llega a cada máquina de hemodiálisis sea de calidad, sólo eso garantizará un buen líquido de diálisis y un correcto tratamiento al paciente. Por ende, se exponen los riesgos y peligros que pueden presentarse en el mal manejo o mantenimiento de todos los componentes del área de tratamiento de agua.

Como ya mencionamos anteriormente, el componente principal del líquido de dializado producido en una máquina de hemodiálisis es el agua, por ello la importancia de garantizar su calidad. En caso de que el agua no sea tratada adecuadamente y pase al paciente con ciertos contaminantes puede llegar a producir en el paciente infecciones e incluso envenenamiento.

### **4.1. Bacterias en el agua.**

Estudios han revelado que cuando el paciente durante una diálisis o hasta 6 horas después de realizarla presenta escalofríos y/o hipertermia, está directamente relacionado con el número de bacterias en el líquido de dializado, por ende, en el agua que ingresa a las máquinas durante el tratamiento. Según el estándar AAMI, si en el agua utilizada la contaminación supera las 200 bacterias por mL, podría llevar a una contaminación del dializado que producirá una contaminación mucho más grande a la inicial durante el comienzo de un tratamiento de diálisis. Y estos síntomas no sólo se presentan en niveles altos de bacterias, también pueden ocurrir en niveles bajos e incluso provenir del suministro de agua de la comunidad. Se ha demostrado que estos síntomas en los pacientes son causados por lipopolisacáridos o endotoxinas asociados con bacterias, además todas estas bacterias que crecen en el líquido de dializado pueden atravesar la membrana del filtro de diálisis en el circuito sanguíneo extracorpóreo [18]. La presencia de bacterias en el agua puede ser causada por muchos factores, y en diferentes áreas del proceso, incluyendo el área de tratamiento de agua, la tubería y el sistema de distribución del agua, ser rigurosos en cada procedimiento y entenderlos de tal manera que se evidencian las fallas en cada paso del proceso podría prevenir los altos niveles de bacterias en el agua.

### **4.2 Contaminantes químicos.**

Como mencionamos el agua puede traer muchos contaminantes químicos, y se dividen según las consecuencias que tenga en el paciente:

#### **4.2.1. Sustancias químicas que causan toxicidad en pacientes en diálisis.**

- Fluoruro, en altas concentraciones el paciente podría intoxicarse con flúor. Si un paciente está expuesto durante más de 30 años puede desarrollar una intoxicación crónica que afecta la dentadura, los tejidos óseos y el sistema nervioso [19].
- El sulfato cuando supera los 200 mg/L puede provocar en el paciente náuseas, vómitos y acidosis metabólica.
- Nitrato, pueden causar metahemoglobinemia, esta enfermedad vuelve imposible transportar oxígeno y dióxido de carbono a la hemoglobina [20].



- Plomo, podrían relacionarse con dolor abdominal y debilidad muscular en los pacientes.
- Aluminio, cloraminas, cobre y zinc en altas concentraciones, podrían intoxicar al paciente. El cloro libre también se incluye aquí debido a su potencial toxicidad.

#### **4.2.2. Sustancias fisiológicas que pueden afectar negativamente al paciente si están presentes en el líquido de dializado en cantidades excesivas.**

- Calcio
- Magnesio
- Potasio
- Sodio
- Entre otros

Por estas razones debe garantizarse la calidad del agua utilizada para preparar el líquido de diálisis en cada máquina. Sin embargo, existen otro tipo de riesgos, que pueden presentarse si no se le hace el correcto mantenimiento preventivo a las máquinas y componentes que hacen parte de toda el área de tratamiento de agua. Primero es necesario tener en cuenta los materiales, que no sean materiales tóxicos o que presenten toxicidad a largo plazo para los pacientes, si es así el fabricante debería informar todos estos datos. Cada componente en el tratamiento de agua es importante, y debe funcionar correctamente para evitar riesgos, aquí algunas posibles consecuencias en el mal manejo de los componentes:

- Si no hay una buena etapa de desionización, el producto de agua final podría incluir contaminantes químicos tóxicos ya mencionados anteriormente.
- En caso de fallo en la ósmosis inversa podría permitir el paso de sal, contaminantes químicos, metales, y cualquier componente que haya pasado de la etapa de pretratamiento.
- Los filtros sin un adecuado lavado, y sin el uso de carcasas que reduzcan la luz, puede proliferar bacterias, y acumular sustancias orgánicas, algas entre otras dentro del filtro, suponiendo un riesgo de infección en el paciente.
- Los filtros de carbono por su porosidad, sin un adecuado retro lavado podría acumular bacterias, incluso los mismos poros atraen moléculas orgánicas muy grandes Y si el filtro no funciona bien, no se eliminan las cloraminas del agua, y el agua puede llegar al paciente con alto contenido de cloro, porque las moléculas orgánicas se acumulan en la superficie del carbono y por consecuencia hay menos superficie disponible para eliminar el cloro.
- Si el filtro suavizador no funciona bien, el agua resulta con altos niveles de calcio y magnesio, por eso es importante regenerar la resina con sal. Sin embargo, se debe tener cuidado con la sal, si el agua queda con grandes cantidades de sodio, es grave para el paciente.
- En los tanques de almacenamiento de agua se debe tener control de bacterias con un ultrafiltro o una buena desinfección y lavado, de manera contraria el agua llegaría al paciente con muchas bacterias del tanque o por manipulación.
- Si falla la membrana en los filtros que retienen endotoxinas, supone el riesgo de llevar el agua al paciente lleno de endotoxinas y bacterias. Las endotoxinas son

complejos de lípidos y azúcares que serían perjudiciales en un paciente con enfermedad renal crónica y en conjunto con las bacterias podría provocar otras enfermedades.

Al usar irradiación ultravioleta se debe tener cuidado con la dosis de energía radiante, si el tiempo de contacto es insuficiente puede inducir una proliferación de bacterias, o desarrollar bacterias resistentes a esta radiación. Además, esta radiación es importante para eliminar el cloro en el agua [21].

## 5. NORMATIVA EXISTENTE.

En Colombia existe una normativa que contiene información sobre las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del agua para considerarse agua potable y apta para el consumo humano. Sin embargo, el agua utilizada en máquinas de diálisis requiere de unas características más estrictas, lo que reduce los rangos aceptables de lo mencionado anteriormente. Para estos valores en el presente escrito se utilizan las características descritas en el estándar nacional americano ANSI/AAMI RD62:2006:

TABLA I Características químicas del agua [21].

Contaminante	Concentración máxima (mg/L)
Aluminio	0.01
Cloraminas	0.1
Cloro libre	0.5
Cobre	0.1
Fluoruro	0.2
Plomo	0.005
Nitrato (como N)	2
Sulfato	100
Zinc	0.1
Calcio	2 (0.1 mEq/L)
Magnesio	4 (0.3 mEq/L)
Potasio	8 (0.2 mEq/L)
Sodio	70 (3.0 mEq/L)
Antimonio	0.006
Arsénico	0.005
Bario	0.1
Berilio	0.0004
Cadmio	0.001
Cromo	0.014
Mercurio	0.0002
Selenio	0.09
Plata	0.005
Talio	0.002

## 6. PROTOCOLO PARA GARANTIZAR LA CALIDAD EN EL SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE AGUA.

### 6.1. Procedimientos.

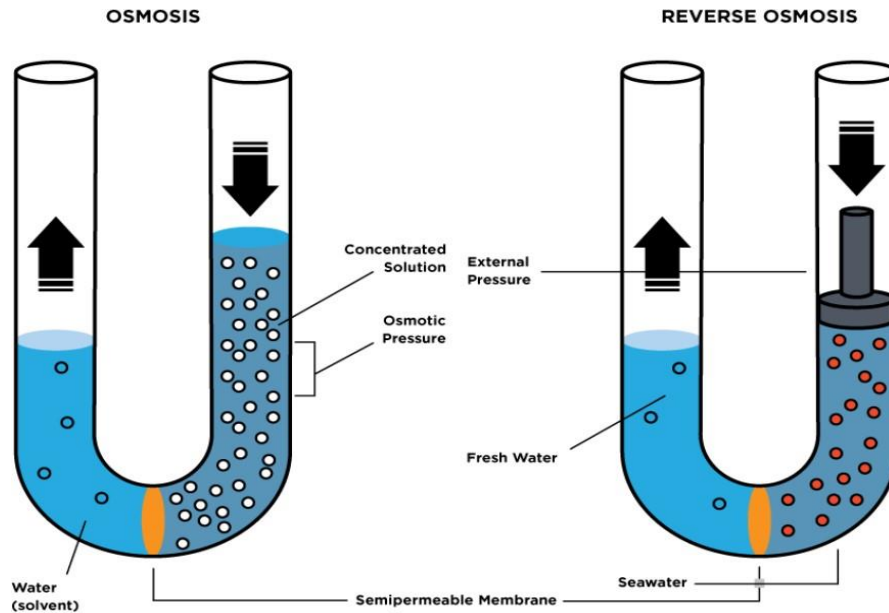
Este protocolo va diseñado para una planta de agua que conste de una etapa de pretratamiento con filtros de sedimentos, retenedores de partículas, retenedores de endotoxinas, suavizador y lecho de carbón, además de una fase incluyendo una ósmosis inversa como último paso antes de llevar el agua al sistema de tuberías conectado a las máquinas de diálisis. Por otro lado, se aclara que en estos sistemas de mantenimiento de agua, antes de la etapa de pretratamiento se tiene una alberca de alrededor de 60 litros de agua o más, útil en caso de que el suministro de agua potable local sea interrumpido, y al final del procesamiento del agua, entre la ósmosis inversa y el anillo de tubería que conduce el agua a la sala de diálisis o el lugar donde se preste el servicio, se tiene un tanque de almacenamiento de agua, que debe estar siempre lleno en un 80% para tener el agua producto lista para las hemodiálisis.

Para garantizar la calidad del agua utilizada en servicio de hemodiálisis se deben seguir los siguientes procedimientos en el área de procesamiento de agua:

#### 6.1.1. Operación técnica básica.

Para llevar a cabo el protocolo es necesario que se tenga la información precisa sobre todos los componentes del área de procesamiento de agua, si cumple con las etapas anteriormente descritas, la información sobre cómo funciona cada componente de la etapa de pretratamiento se encuentra en el apartado 2.6. Normalmente después de esta etapa sigue una ósmosis inversa.

**Ósmosis inversa:** Estas máquinas suelen traer filtros internos parecidos a la etapa de pretratamiento, sin embargo, suelen trabajar de forma automática. Para entender cómo funcionan, primero repasamos el principio de ósmosis. La ósmosis es un transporte de un disolvente que se da de manera espontánea, a través de una membrana semipermeable, este disolvente va desde una disolución diluida a una disolución concentrada, la membrana semipermeable impide el paso del soluto y a su vez deja pasar al disolvente para poder igualar las concentraciones a cada lado de la membrana. Como se mencionó anteriormente, este proceso es espontáneo, y gracias a que siempre pasará disolvente al área más concentrada se crea una diferencia de volúmenes lo que crea una presión osmótica.



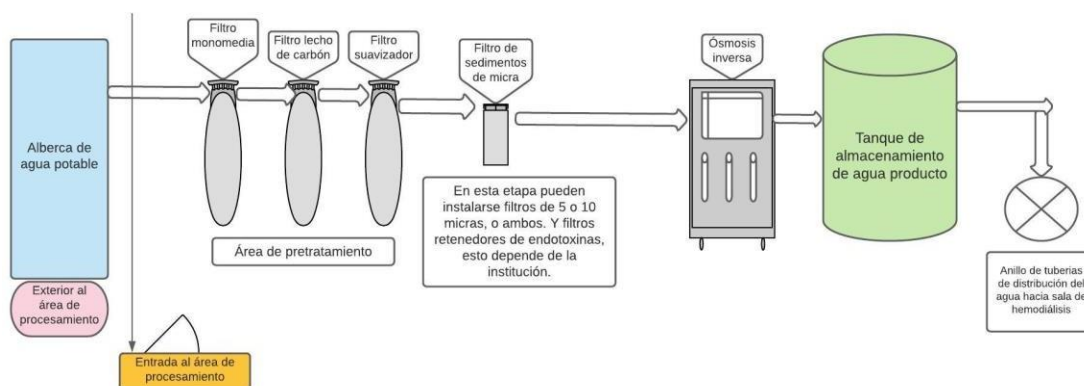
**Figura 4.** Principio de ósmosis inversa [23].

Para obtener el efecto contrario, es decir, ósmosis inversa, se debe ejercer una presión igual o superior a la presión osmótica sobre la solución con mayor cantidad de sólidos, es decir, la solución más concentrada, de este modo el disolvente pasa al área menos concentrada, este proceso se utiliza para separar la materia orgánica o inorgánica del agua tratada, permitiendo que no pasen a través de la membrana, coloides, minerales, sal, bacterias, entre otros componentes [22]. Sin embargo, no toda el agua logra pasar la membrana, y contiene un alto nivel de solutos, a esta se le conoce como concentrado o agua de rechazo. Por ser la etapa final del procesamiento, lleva pocos componentes que el agua inicial del suministro de agua potable local, por eso el agua producto sale completamente tratada para el proceso de hemodiálisis, cumpliendo con los valores descritos en la Tabla 5.

Este protocolo sigue el orden de una planta de agua con los siguientes componentes y en ese orden específico:

1. Alberca de almacenamiento de agua potable.
2. Filtro monomedia o de sedimentos.
3. Filtro de lecho de Carbón.
4. Filtro suavizador de resina activada por salmuera.
5. Filtro de retención de partículas de 5 micras.
6. Filtro de retención de endotoxinas.
7. Ósmosis inversa, que incluye desionización del agua y membranas de ultrafiltración.
8. Tanque de almacenamiento de agua producto.
9. Anillo de tubería de distribución de agua hacia máquinas de hemodiálisis con retorno a ósmosis inversa.
10. Equipo de radiación UV.

A continuación, se muestra un diagrama general sobre los elementos ubicados dentro del área de procesamiento, la distribución en la cual se basa este protocolo:



**Figura 5.** Diagrama general de los elementos dentro del área de procesamiento de agua. Elaboración del autor.

Es necesario destacar que esta figura solo muestra una idea general de la ubicación de los elementos dentro del área, no contiene las conexiones exactas de las tuberías, los puntos de muestra de agua, las válvulas y las motobombas de succión de agua, estos parámetros dependen del diseño del área en particular y la institución que la instale. No se incluye equipo de radiación UV, puesto que este depende del área de procesamiento.

Hay que recordar que el filtro de lecho de carbón depende del caudal de agua a procesar. Se recomienda colocar dos filtros de lecho de carbón con puntos de muestra al final de cada uno, para cambiar en caso de falla, el carbón activado granular con un índice de yodo superior a 900 se considera óptimo para la eliminación de cloro y cloramina.

Sin embargo, se puede implementar en plantas de agua más pequeñas o con menos componentes. Todo este sistema de procesamiento de agua se necesita para el dializador en cada máquina de hemodiálisis, donde se prepara un correcto líquido de diálisis y se conecta al circuito extracorpóreo sanguíneo que va al paciente, toda esta información se explica más a detalle en el apartado 2.5.

**Recomendación:** Se debe tener un punto de muestra de agua, al final de cada filtro, para comprobar el estado del agua y poder hacer las pruebas correspondientes, también un punto de muestra de agua al final de la ósmosis y en la salida del tanque de almacenamiento de agua producto.

### 6.1.2. Uso del equipo.

El agua tratada normalmente debe cumplir con valores estándares indicados por el fabricante de cada máquina de hemodiálisis, el principio de estas máquinas está expuesto en el apartado 2.5. Los siguientes componentes tienen una utilidad en el proceso de limpieza, purificación y tratamiento del agua:

- Alberca de almacenamiento de agua potable: se almacena el agua para tratar en el área de procesamiento en una alberca en caso de que el suministro de agua potable local sea interrumpido.
- Filtro monomedia: retiene los sólidos suspendidos en el agua, filtrando partículas entre 20 a 30 micras.
- Filtro de lecho de Carbón: filtra y purifica el agua, eliminando contaminantes como el cloro, disolventes orgánicos, pesticidas, entre otros.
- Filtro suavizador de resina activada por salmuera: trata la dureza del agua, eliminando metales pesados.
- Filtro de retención de partículas o de sedimentos de 5 micras: filtra el agua de partículas de 5 a 10 micras.
- Filtro de retención de endotoxinas: limpia el agua de endotoxinas y bacterias.
- Ósmosis inversa, que incluye desionización del agua y membranas de ultrafiltración: última etapa para garantizar la total filtración y tratamiento del agua.
- Equipo de radiación UV: eliminar bacterias del agua.

Todos estos componentes de la planta de agua trabajan de manera automática, pero se les debe hacer mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección periódicamente, para garantizar la calidad del agua.

### **6.1.3. Chequeos de seguridad.**

Para garantizar todos los procesos, se recomienda al establecimiento tener un cronograma de mantenimiento anual, y un cronograma de limpieza y desinfección anual, para garantizar el correcto funcionamiento de cada componente del área de procesamiento de agua, así mismo se debe monitorear constantemente todos los componentes, esto se explicará más adelante en el apartado 6.3.

De igual manera, se debe chequear que exista suministro eléctrico a toda el área ya sea por red o planta eléctricas en caso de falla en el suministro local de electricidad. En esta área de procesamiento de agua se pueden presentar fugas de agua, por ello es importante que el sistema eléctrico esté correctamente aislado, y el material del piso y paredes sea impermeable al agua, para evitar fallos en la estructura a largo plazo.

### **6.1.4. Mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección.**

Es necesario realizar un mantenimiento preventivo de cada componente del área de procesamiento, de esta manera se evitan problemas en la calidad del agua, y desgaste en cada etapa del procesamiento, para ello se recomienda seguir los siguientes procesos de mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección:

## **1. Limpieza y desinfección de la alberca de almacenamiento de agua potable.**

**Periodicidad:** Se recomienda hacer este lavado cada 3 meses, este tiempo de lavado está estimado para una alberca de 8000 litros, si es menor a 5000 litros se recomienda lavarla cada dos meses.

Para la limpieza de la alberca se utiliza hipoclorito al 6% y agua a presión con uso de hidro lavadora. Recuerde que esto es una recomendación, para su proceso de sanitización puede aplicar el desinfectante de su preferencia para bajar la carga microbiológica en la alberca o bien desinfectarla.

Tener en cuenta que, para poder hacer la limpieza y desinfección de la alberca, esta debe estar totalmente vacía, por eso se recomienda escoger un día donde no se realizan diálisis, y el día anterior a este utilizar la mayor cantidad de agua de la alberca que se pueda, cabe aclarar que debe cerrarse la llave de suministro de agua local.

1. Asegurarse que la llave de suministro de agua local esté cerrada.
2. Cerrar todas las llaves o válvulas que llevan agua de la alberca a filtros o al área de procesamiento de agua. Esto es para que las bombas no succionen aire y no exista el riesgo de dañarlas.
3. Retirar el restante de agua de la alberca. Si no se tiene un desagüe se recomienda hacer la succión del agua restante con una electrobomba de succión de agua.
4. Aplicar hipoclorito al 6% o el desinfectante de su preferencia en toda la alberca y restregar con un cepillo grande.
5. Después de limpiar toda la zona de la alberca enjuagar con agua y abrir el desagüe más cercano a la alberca para desechar el líquido. Si no se tiene un desagüe se recomienda hacer la succión del agua restante con una electrobomba de succión de agua.
6. Se recomienda el uso de hidro lavadora de agua a presión para garantizar que el desinfectante no quede adherido a las paredes de la alberca y no queden residuos en el agua al llenar de nuevo la alberca.
7. Después de dos lavados con agua, asegúrese que la alberca esté limpia y completamente vacía.
8. Volver a llenar y abrir la llave para el paso de agua al área de procesamiento.

**Precauciones:** Drenar toda el agua con desinfectante por el desagüe más cercano y si no se tiene un desagüe se recomienda hacer la succión del agua restante con una electrobomba de succión de agua. Cerrar las llaves o válvulas correspondientes es importante para no dañar las bombas en el área de procesamiento.



## **2. Mantenimiento del área de pretratamiento, con filtro monomedia, filtro de lecho de carbón y filtro suavizador.**

**Periodicidad:** Se recomienda hacer este mantenimiento día por medio a cada filtro con tamaño de 14"/65". Si el tamaño del filtro es menor a 14"/65" hacer el mantenimiento diariamente. Si es de 16"/65" el mantenimiento se podría hacer cada 3 o 4 días. Recuerde que esto también depende del tamaño del filtro y del flujo de agua que pase a través de él.

**Nota:** BACK WASH es un tipo de lavado fuerte, y FAST RINSE es un tipo de lavado suave. Esto va indicado en el cabezal de cada filtro, según el estándar AAMI la cara de cualquier temporizador que controla un ciclo de regeneración o retrolavado deberá ser visible. Por ende, el fabricante de los filtros deberá incluir en los cabezales los pasos de retrolavado.

**Precauciones:** Antes de realizar los tres retrolavados primero apagar la ósmosis inversa, luego cerramos la válvula que lleva agua de los prefiltros a la ósmosis inversa, y abrimos la válvula de desagüe, esto último es opcional.

### **→ Retrolavado primer filtro, filtro monomedia.**

Tener en cuenta que la válvula de operación manual en la parte superior del filtro tiene tres opciones, y cuando el filtro está en funcionamiento está en la opción FILTER. Las válvulas de entrada y salida de agua del filtro deben estar abiertas. El retrolavado del filtro monomedia, debe tener una etapa de descanso para que se reacomode la zeolita y graba del interior del filtro, el retrolavado se hace de la siguiente manera:

1. Mover la posición de FILTER a BACK WASH.
2. Dejar en BACK WASH por 10 minutos.
3. Mover la posición de BACK WASH a FILTER
4. Dejar en FILTER por 10 minutos.
5. Mover la posición de FILTER a FAST RINSE.
6. Dejar en FAST RINSE por 5 minutos.
7. Mover la posición de FAST RINSE a FILTER y dejar el filtro funcionando, pasar al siguiente retrolavado.

### **→ Retrolavado segundo filtro, filtro de carbón.**

Tener en cuenta que la válvula de operación manual en la parte superior del filtro tiene tres opciones, y cuando el filtro está en funcionamiento está en la opción FILTER. Las válvulas de entrada y salida de agua del filtro deben estar abiertas. El retrolavado del filtro de carbón, debe tener una etapa de descanso para que se reacomode el carbón activo interior del filtro, el retrolavado se hace de la siguiente manera:

1. Mover la posición de FILTER a BACK WASH.
2. Dejar en BACK WASH por 10 minutos.
3. Mover la posición de BACK WASH a FILTER
4. Dejar en FILTER por 10 minutos.
5. Mover la posición de FILTER a FAST RINSE.
6. Dejar en FAST RINSE por 5 minutos.
7. Mover la posición de FAST RINSE a FILTER y dejar el filtro funcionando, pasar al siguiente retrolavado.

**Precauciones:** Si al realizar la prueba de cloro total, el porcentaje de cloro en el agua es muy alto, aumentar BACK WASH a 15 minutos.

→ **Retrolavado de tercer filtro, filtro suavizador o de sal.**

Tener en cuenta que la válvula de operación manual en la parte superior del filtro tiene cinco opciones, y cuando el filtro está en funcionamiento está en la opción SERVICE. Las válvulas de entrada de agua del filtro deben estar abiertas, y la válvula de salida de agua del filtro debe estar cerrada, para no permitir el paso de sal a la ósmosis inversa.

**Precauciones:** antes de hacer el retrolavado verificar que el tanque contenedor de sal esté lleno de agua, recordar que se sugiere que la sal esté por encima del nivel de agua para mayor concentración de sal, este tanque de reserva de sal se recomienda lavarlo cada 3 meses.

1. Mover la posición de SERVICE a BACK WASH.
2. Dejar en BACK WASH por 10 minutos.
3. Mover la posición de BACK WASH a BRINE SLOW R, la cual se encuentra en la parte de atrás de la válvula de operación manual, esta opción va a succionar agua con sal del tanque.
4. Dejar que el filtro succione sal por alrededor de 7 u 8 minutos, dependiendo de la cantidad de agua del tanque, supervisar constantemente.
5. Mover de BRINE SLOW R. a SERVICE, y dejar el filtro funcionando alrededor de 32 minutos. Este paso depende del paso 4, entre el paso 4 y 5 deben pasar 40 minutos. (Este paso es el más largo porque se deja el filtro actuar con la sal en su interior para que active la resina catiónica y funcione como un imán, que atrae todos los metales del agua)
6. Mover de SERVICE a FAST RINSE.
7. Dejar en FAST RINSE por 10 minutos.
8. Mover de FAST RINSE a BRINE REFILL, en este paso se llena el tanque de sal con agua, este tiempo depende de la persona encargada del retrolavado, dura lo necesario para llenar el tanque de sal con agua, y que el agua no sobrepase el nivel de sal.
9. Cuando termine de llenar el tanque mover de BRINE REFILL a SERVICE.

10. Dejar el filtro funcionando en SERVICE y abrir la válvula de salida de agua del filtro.

**Precauciones:** Luego de terminar los retrolavados cerrar la válvula de desagüe en caso de estar abierta, abrir la válvula que lleva agua de los prefiltros a la ósmosis inversa, y prender la ósmosis inversa y dejarla encendida como paso final.

**Recomendaciones:** Según el estándar AAMI se pueden implementar en toda esta área de pretratamiento, sistemas automatizados de inyección de químicos. El bisulfito de sodio o el ácido ascórbico inyectado en la fuente de agua puede ayudar de manera eficaz a reducir las concentraciones de cloro y cloramina. Además, la reducción del pH del agua de alimentación alcalina mediante la inyección de ácidos minerales puede mejorar la eficiencia del carbón activado granular [21]. Este sistema de control debe diseñarse para controlar estrictamente la adición de la sustancia química y asegurarse que sea compatible con el modo de operación del área de procesamiento de agua.

### **3. Mantenimiento ósmosis inversa.**

**Periodicidad:** Se recomienda hacer este mantenimiento cada 3 meses.

**Precauciones:** En este protocolo se recomienda el uso de ácido cítrico al 50% para lavado químico de las membranas de la ósmosis inversa y eliminación de metales mediante oxidación para deshacerlos y dejar limpias las membranas, sin embargo, cualquier otro ácido o componente para desincrustación o descalcificación de su preferencia puede ser usado. También se realiza un lavado químico con soda caustica para remoción de residuos orgánicos. Por otro lado, para la desinfección de la máquina se utiliza peróxido de hidrógeno al 50%. Sin embargo, usted puede usar otros productos y desinfectantes de su preferencia que cumplan las mismas funciones que los mencionados anteriormente [21].

#### **Información sobre los productos de limpieza y desinfección utilizados:**

- **Ácido cítrico al 50%:** el ácido cítrico es un producto no tóxico, inofensivo para los pacientes y de cierta manera respetuoso con el medio ambiente, tiene propiedades desinfectantes y antivíricas, bactericida, fungicida e inactivador de virus. Es de manejo seguro para la persona que lo manipule y no es dañino para el medio ambiente [24]. El ácido cítrico es una solución química, en este caso al 50% de alto poder desincrustante y leve acción fungicida como ya se mencionó, sin embargo, al manipular el producto se recomienda emplear siempre guantes y tomar la mayor precaución, ya que es irritante para la piel, los ojos, las mucosas

y las vías respiratorias [25]. Puede usar ácido cítrico líquido o comprarlo a otra concentración o sólido y diluirlo en agua.

- **Soda cáustica:** también conocido como hidróxido sódico se usa como detergente porque tiene propiedades emulsificantes y dispersantes muy buenas y se comporta también como un bactericida. Es fuertemente corrosivo, por precaución la persona que lo manipule debe estar protegido, puesto que el uso de soda caustica implica un riesgo en la salud [26]. Tener cuidado de no entrar en contacto con la soda cáustica directamente la piel, y con guantes tener especial cuidado porque la soda al prepararla con agua presenta una temperatura elevada.
- **Peróxido de hidrógeno al 50%:** es un producto desinfectante que se utiliza en agua, depósitos y contenedores. Es eficaz frente a bacterias, virus, hongos, esporas, protozoos y algas [28]. Sin embargo, debe manipularse con especial cuidado, puede tener efectos negativos sobre la salud de las personas, provoca irritación cutánea, lesiones oculares graves y puede irritar las vías respiratorias [29]. Por ello siempre que se manipule se debe utilizar el equipo de protección correcto.

### 1. Lavado químico con ácido cítrico al 50%:

Primero hacemos la desincrustación con ácido cítrico, para ello es necesario tener un filtro retenedor de partículas de 5 micras, o de su preferencia antes de la ósmosis inversa. Para ello debemos tener ácido cítrico al 50% de forma líquida [21].

**Precauciones:** Se recomienda usar guantes al manipular el ácido, no colocarlo en contacto con los ojos y la piel.

1. Apagar la ósmosis inversa. Esto depende del tipo de máquina de ósmosis inversa. Pulsar el botón POWER para la ósmosis inversa US Filter.
2. Cerrar la válvula de salida de agua del filtro suavizador de resina activada por salmuera o del componente anterior al filtro retenedor de partículas de 5 micras. Hay que recordar que el ácido cítrico lo vertemos dentro del filtro, por ello debe estar cerrada la válvula del componente anterior a él para no permitir el paso de ácido, el objetivo es que el ácido llegue a la ósmosis inversa.
3. Abrir el desagüe entre el filtro y la ósmosis inversa, para disminuir la presión en la tubería hasta cero y sacar el agua del filtro.
4. Retirar el filtro de 5 micras y retiramos el agua restante hasta quedar completamente vacío.
5. Llenar el filtro con ácido cítrico líquido, tener cuidado que no se derrame. En caso de no conseguirlo líquido, si no en polvo, disolverlo en agua a una solución determinada.
6. Al llenar el filtro con el ácido, colocarlo de nuevo en su posición.

7. Cerrar de manera inmediata la válvula que lleva agua de la ósmosis inversa hacia el tanque de almacenamiento de agua producto.
8. Normalmente hay un punto de muestra entre la ósmosis inversa y el tanque de almacenamiento, en este punto de muestra colocar un extremo de una manguera, y el otro extremo al desagüe.
9. Abrir la válvula de salida de agua del filtro suavizador de resina activada, la válvula que cerramos en el paso 2.
10. Prender la ósmosis inversa. En el caso de una máquina de ósmosis inversa US Filter encenderla en el botón POWER, y la programamos en Direct Feed durante 5 minutos. Para programar la máquina de ósmosis inversa en Direct Feed, presionamos el botón Menu, hasta encontrar en la pantalla la palabra MODE, normalmente la máquina estará en el modo Tank Feed, es decir, que la ósmosis inversa deja de suministrar agua al tanque cuando este se encuentre lleno. Así que nos movemos con las flechas ↑ y cuando aparezca "Direct Feed" le damos al botón ACCEPT, esto es para que la ósmosis siempre suministre agua y el ácido cítrico llegue a cada parte de la máquina.
11. Durante estos 5 minutos los manómetros se colocarán blancos, esto es por el agua con residuos de las membranas, el ácido oxida los metales o residuos sólidos que se puedan encontrar en las membranas, los coloca blandos y se deshacen con el agua. El primer manómetro de agua producto, debería funcionar normalmente a 4.5 o 5 GPM (galones por minuto) y no menor a 4 GPM. El manómetro de REJECT, agua de rechazo, debe estar normalmente a 2.5 o 3 GPM, normalmente este es el porcentaje de agua que va al drenaje y suele ser el 50% del valor del agua producto. Y el manómetro de REJECT RECIRCULATION normalmente es la suma entre el agua producto y el agua de rechazo, esta es el agua que va al anillo de distribución a las máquinas de hemodiálisis, cuando el agua no es utilizada se devuelve por la tubería y entra de nuevo a la ósmosis inversa y es procesada, los anteriores son los valores comunes de funcionamiento de la ósmosis inversa [27].
12. Después de pasados los 5 minutos, apagar la ósmosis inversa, y volver a cerrar la válvula del paso 2.
13. Dejar la máquina así por aproximadamente 60 minutos, de esta manera el ácido cumplirá la función de desincrustar todos los residuos sólidos atrapados en las membranas de la ósmosis inversa.
14. Luego de los 60 minutos abrir la válvula del paso 2 y encender la ósmosis inversa. Dejar que la ósmosis circule agua hacia el desagüe con la manguera conectada previamente, aproximadamente 15 minutos hasta que baje la conductividad del agua y el pH. Los valores normales de conductividad para

el agua utilizada en hemodiálisis son inferiores a 5  $\mu$ S, y un pH de 6.5 a 8.0 [30].

**Precauciones:** Una vez terminado el proceso de lavado químico, se procede a realizar otro lavado con soda cáustica, recuerda ser cuidadoso con el ácido utilizado, colocar la manguera de manera segura al desagüe, y no permitir que el ácido se distribuya a otras partes del área de procesamiento de agua, así mismo que no entre en contacto con ningún personal del establecimiento donde se lleve a cabo este protocolo.

## 2. Lavado químico con soda caustica:

Ahora pasamos al proceso de lavado químico con soda caustica, para ello es necesario tener un filtro retenedor de partículas de 5 micras, o de su preferencia antes de la ósmosis inversa, donde se colocará la soda cáustica en forma líquida.

**Precauciones:** Se recomienda usar guantes al manipular el ácido, no colocarlo en contacto con los ojos y la piel. Puede ocasionar quemaduras en la piel si se entra en contacto con el producto. Tener especial cuidado con el vapor que libera la soda cáustica al mezclarla con el agua, por ello se recomienda usar gafas o careta, y mascarilla para protección del operario. Esto es un compromiso que adquiere el Sistema de gestión para la seguridad y salud en el trabajo del establecimiento o institución donde se lleve a cabo este protocolo [21].

**Importante:** Antes de comenzar el proceso preparar la soda caustica para ingresarla de forma líquida al filtro de micra. Para ello en un recipiente lo suficientemente grande ingresamos agua de tal manera que sea la suficiente para llenar el filtro de micra y comenzamos a disolver la soda caustica y revolvemos, y comenzamos a mezclar. Mientras tanto se mide la conductividad del líquido, debe disolverse la soda cáustica hasta que se obtenga un pH no mayor a 11. Si el pH está dentro del rango mencionado estará lista para usar, en todo este proceso tener cuidado con el vapor y la alta temperatura de la soda caustica.

1. Apagar la ósmosis inversa. Esto depende del tipo de máquina de ósmosis inversa. Pulsar el botón POWER para la ósmosis inversa US Filter.
2. Cerrar la válvula de salida de agua del filtro suavizador de resina activada por salmuera o del componente anterior al filtro retenedor de partículas de 5 micras. Hay que recordar que la soda cáustica la vertemos dentro del filtro, por ello debe estar cerrada la válvula del componente anterior a él para no permitir el paso de la soda, el objetivo es que la soda llegue a la ósmosis inversa. Si realizó el anterior procedimiento de

- lavado químico con ácido cítrico, ya la válvula debería estar cerrada.
3. Retirar el filtro de 5 micras y retirar el agua restante hasta quedar completamente vacío.
  4. Llenar el filtro con la soda cáustica líquida, tener cuidado que no se derrame y usar guantes, tener cuidado al agarrar el filtro con las manos, ya que, con la temperatura de la soda, el filtro se puede sentir caliente y aumenta su temperatura.
  5. Al llenar el filtro con la soda, colocarlo de nuevo en su posición.
  6. Chequear que la válvula que lleva agua de la ósmosis inversa hacia el tanque de almacenamiento de agua producto esté cerrada, si no es así, debe cerrarse.
  7. Normalmente hay un punto de muestra entre la ósmosis inversa y el tanque de almacenamiento, en este punto de muestra colocar un extremo de una manguera, y el otro extremo al desagüe. Si ya realizó el lavado químico con ácido cítrico la manguera ya debería estar conectada.
  8. Abrir la válvula de salida de agua del filtro suavizador de resina activada, la válvula que cerramos en el paso 2.
  9. Encender la ósmosis inversa, deberá estar en modo Direct Feed por el anterior lavado químico, si no es así, colocarlo mediante la explicación del paso 10 del lavado químico con ácido cítrico al 50%.
  10. Observar el manómetro del agua producto que llegue a 2.5 GPM o un valor cercano a este, entre el rango de 0.5 por encima y por debajo de este valor. Este proceso deberá durar aproximadamente 1 minuto. Cuando el manómetro llegue a ese valor o esté dentro del rango de 2 a 3 GPM apagar la ósmosis inversa. En caso de que el manómetro no se mueva contacte al servicio técnico de la ósmosis.
  11. Dejar la ósmosis inversa apagada por 5 minutos.
  12. Prender la ósmosis durante 30 segundos, no pasar de 1 minuto completo para no desperdiciar el producto.
  13. Se observa que los manómetros se llenan de agua con color café o tierra, es normal, por la limpieza que se les hace a las membranas. La soda cáustica con su alta temperatura remueve los residuos orgánicos y coloca los filtros de la ósmosis inversa calientes.
  14. Luego de pasados los 30 segundos, dejar la ósmosis apagada 40 minutos, para que la soda cáustica actúe dentro de la máquina.
  15. Luego de los 40 minutos abrir la válvula del paso 2 en caso de estar cerrada y encender la ósmosis inversa. Dejar que la ósmosis circule agua hacia el desagüe con la manguera conectada previamente, se deja circular aproximadamente 15 minutos para desechar toda la soda cáustica dentro de la máquina junto con los residuos.

**Precauciones:** Una vez terminado el proceso de lavado químico, se procede a realizar la desinfección de la máquina, recuerda ser cuidadoso con la soda cáustica utilizada, colocar la manguera de manera segura al desagüe, y no permitir que el producto se distribuya a otras partes del área de procesamiento de agua, así mismo que no entre en contacto con ningún personal del establecimiento donde se lleve a cabo este protocolo.

### **3. Desinfección con peróxido de hidrógeno al 50%:**

Ahora se pasa al proceso de desinfección con peróxido de hidrógeno al 50%, para ello es necesario tener un filtro retenedor de partículas de 5 micras, o de su preferencia antes de la ósmosis inversa, donde se colocará el peróxido de hidrógeno en forma líquida.

**Precauciones:** Se recomienda usar guantes al manipular el peróxido, no colocarlo en contacto con los ojos y la piel, puesto que provoca irritación cutánea y lesiones oculares graves, por ello se recomienda utilizar gafas de protección. No inhalar el producto puede irritar las vías respiratorias, para ello se recomienda utilizar máscara de gas. Esto es un compromiso que adquiere el Sistema de gestión para la seguridad y salud en el trabajo del establecimiento o institución donde se lleve a cabo este protocolo.

**Importante:** Antes de comenzar el proceso debe garantizar que el tanque de almacenamiento de agua producto posterior a la máquina de ósmosis inversa esté vacío.

1. Si realizó los anteriores lavados químicos, desconectar la manguera del punto de prueba entre la ósmosis inversa y el tanque de almacenamiento de producto.
2. Comprobar y abrir la válvula que lleva agua de la ósmosis inversa al tanque de almacenamiento de agua producto. Así mismo, abrir la válvula que lleva agua del tanque de almacenamiento de producto hacia el anillo de tuberías que lleva el agua procesada hacia las máquinas de hemodiálisis. Con este procedimiento se busca desinfectar la ósmosis inversa, el tanque de almacenamiento de agua producto y el anillo al mismo tiempo.
3. Se recomienda cerrar las válvulas de suministro de agua de cada una de las máquinas de hemodiálisis, en caso de iniciar el proceso de desinfección sin cerrarlas se recomienda hacer un lavado con agua o aclarado en las máquinas por 10 minutos al finalizar el proceso de desinfección con peróxido de hidrógeno.
4. Apagar la ósmosis inversa. Esto depende del tipo de máquina de ósmosis inversa. Pulsar el botón POWER para la ósmosis inversa US Filter.



5. Cerrar la válvula de salida de agua del filtro suavizador de resina activada por salmuera o del componente anterior al filtro retenedor de partículas de 5 micras. Hay que recordar que el peróxido de hidrógeno lo vertemos dentro del filtro, por ello debe estar cerrada la válvula del componente anterior a él para no permitir el paso de peróxido, el objetivo es que llegue a la ósmosis inversa.
6. Retirar el filtro de 5 micras y retiramos el agua restante hasta quedar completamente vacío.
7. Llenar el filtro con el peróxido de hidrógeno líquido, tener cuidado que no se derrame y usar guantes.
8. Al llenar el filtro con el peróxido, colocarlo de nuevo en su posición.
9. Abrir la válvula de salida de agua del filtro suavizador de resina activada, la válvula que cerramos en el paso 5.
10. La válvula de desagüe del tanque de almacenamiento de agua producto, debe estar cerrada, si no es así, por favor cerrarla. Este paso es para garantizar que el peróxido de hidrógeno llegue al anillo de distribución y desinfecte las tuberías.
11. Con la ósmosis apagada, dejar en recirculación por 30 minutos, para que el desinfectante impregne toda la tubería, la ósmosis y el tanque de almacenamiento. La recirculación consiste en dejar que el agua con peróxido de hidrógeno pase por toda la ósmosis inversa, llegue al tanque de almacenamiento, llegue al anillo y pase por toda la tubería, y se devuelva hacia el tanque de almacenamiento.
12. Luego de pasados los 30 minutos, apagar la bomba del tanque de almacenamiento para que no recircule el agua. La dejamos apagada por aproximadamente 4 horas, tiempo de permanencia para que el desinfectante cumpla su función.
13. Luego de pasadas las 4 horas se enciende la ósmosis inversa hasta que el tanque tenga un nivel de agua considerable, 30% a 50%.
14. Encender la bomba del tanque de almacenamiento. Hay que recordar que esta bomba permite llevar el agua del tanque hacia la sala de hemodiálisis.
15. Se abre la válvula de desagüe del tanque de almacenamiento de agua producto, la idea es que el agua remueva los restos de peróxido de hidrógeno del tanque de almacenamiento y de las tuberías.
16. Dejar la ósmosis prendida y la válvula de desagüe abierta hasta que no queden restos de peróxido de hidrógeno en el agua del tanque. Para ello, se recomienda tener tiras de prueba para presencia de peróxido de hidrógeno en el agua, en caso de utilizar otro desinfectante, tener a la mano una prueba para comprobar que el agua esté libre del desinfectante usado.

17. Cuando las tiras de peróxido de hidrógeno marquen cero, es decir, no exista presencia de peróxido de hidrógeno en el agua producto del tanque de almacenamiento, se procede a cerrar la válvula de desagüe que se abrió en el paso 15.
18. Colocar la ósmosis inversa en modo Tank Feed, o en el modo que tenga para garantizar que cuando el tanque de almacenamiento esté lleno, no se procesa más agua desde la ósmosis.

**Precauciones:** Al terminar los dos lavados químicos y la desinfección de la máquina de ósmosis inversa, verificar que la válvula de desagüe esté cerrada, para que no se pierda el agua producto. Por otro lado, verificar que la ósmosis inversa esté en modo Tank Feed o en el modo que tenga para garantizar que cuando el tanque de almacenamiento esté lleno, no se procesa más agua desde la ósmosis. Si la ósmosis no se encuentra en este modo, puede que el tanque exceda su máximo de agua y el agua se desborde, perdiendo así el agua producto y ocasionando posibles daños al área de procesamiento.

#### **4. Limpieza y desinfección del tanque de almacenamiento de agua producto.**

**Periodicidad:** Se recomienda hacer este lavado cada mes, este tiempo de lavado está estimado para un tanque con una capacidad de 2500 a 1000 litros, si es menor a 1000 litros se recomienda lavarlo cada 15 días. Sin embargo, si realizó la desinfección de la ósmosis inversa no es necesario hacer este procedimiento, pero recuerde que la desinfección de la ósmosis sólo se hace cada 3 meses, es decir, en algunos casos puede reemplazar este proceso, si no es así, debe hacer la desinfección del tanque según los pasos descritos a continuación [21].

Para la limpieza del tanque se utiliza peróxido de hidrógeno al 50%. Recuerde que esto es una recomendación, para su proceso de sanitización puede aplicar el desinfectante de su preferencia para bajar la carga microbiológica del tanque o bien desinfectar.

Tener en cuenta que, para poder hacer la desinfección del tanque, este debe estar lleno solo al 50%, para ello se abre la válvula de desagüe que debe tener el tanque según el estándar nacional americano ANSI/AAMI RD62.

**Precauciones:** Para el paso 5 se recomienda utilizar equipo de protección. Guantes gafas y máscara de gas. Esto es un compromiso que adquiere el Sistema de gestión para la seguridad y salud en el trabajo del establecimiento o institución donde se lleve a cabo este protocolo.

1. Se recomienda cerrar las válvulas de suministro de agua de cada una de las máquinas de hemodiálisis, en caso de iniciar el proceso de desinfección sin cerrarlas se recomienda hacer un lavado con agua o

- aclarado en las máquinas por 10 minutos al finalizar el proceso de desinfección con peróxido de hidrógeno.
2. Verificar que el tanque esté lleno al 50% o un poco más.
  3. Apagar la ósmosis inversa. Esto depende del tipo de máquina de ósmosis inversa. Pulsar el botón POWER para la ósmosis inversa US Filter.
  4. Verter aproximadamente 1 litro de peróxido de hidrógeno líquido al 50% en el tanque de almacenamiento si su capacidad es menor o igual a 500 litros, si es de mayor capacidad, por favor implemente una regla de tres.
  5. Con un cepillo largo sumergirlo en el agua con peróxido y remover sucios del tanque en la parte superior, este procedimiento puede hacerse de manera manual con el cepillo en tanques de almacenamiento pequeños, si el tanque es más grande y se lava cada mes se puede hacer uso de hidrolavadora.
  6. Luego de usar la hidrolavadora o el cepillo y ver que no quedan residuos, dejar el peróxido en el agua por 4 horas, y apagar la bomba del tanque de almacenamiento. Tratar de no excederse de las 4 horas porque el peróxido se evapora y se pierde su utilidad.
  7. Luego de pasadas las 4 horas abrir la válvula de desagüe del tanque de almacenamiento y dejar que el tanque quede totalmente vacío. Esto para que el agua con peróxido se deseche.
  8. Una vez que el tanque esté vacío, cerrar la válvula de desagüe.
  9. Prender la ósmosis inversa.
  10. Prender la bomba del tanque de almacenamiento.
  11. Cuando el tanque esté lleno entre un 30% o 50% apago la ósmosis inversa.
  12. Lavo el tanque por todas sus paredes con su misma agua. Esto se puede hacer con un cepillo grande, o algunos tanques tienen una manguera para sacar agua procesada del tanque, esa manguera se podría utilizar para lavar las paredes del tanque con su misma agua. Si el tanque es grande y se lava cada mes, se puede usar una hidrolavadora.
  13. Abrir la válvula de desagüe del tanque de almacenamiento. Esto con el fin de sacar toda el agua con peróxido del tanque y esperar a que se vacíe por completo.
  14. Encender la ósmosis inversa para que el agua remueva el peróxido del tanque y de las tuberías. Para garantizar la no presencia de peróxido de hidrógeno, se recomienda tener tiras de prueba para presencia de peróxido de hidrógeno en el agua, en caso de utilizar otro desinfectante, tener a la mano una prueba para comprobar que el agua esté libre del desinfectante usado.
  15. Cuando las tiras de peróxido de hidrógeno marquen cero, es decir, no exista presencia de peróxido de hidrógeno en el agua producto del tanque de almacenamiento, se procede a cerrar la válvula de desagüe del tanque de almacenamiento.
  16. Colocar la ósmosis inversa en modo Tank Feed en caso de que no lo esté, o en el modo que tenga para garantizar que cuando el tanque

de almacenamiento esté lleno, no se procesa más agua desde la ósmosis.

### **5. Lavado y cambio de filtro de sedimentos.**

**Periodicidad:** El lavado de los filtros de sedimentos se podría hacer cada mes. Sin embargo, los filtros deben cambiarse cada 3 meses.

Para el lavado del filtro se utiliza peróxido de hidrógeno al 50%, sin embargo, usted puede utilizar el desinfectante de su preferencia.

**Precauciones:** Para el uso de peróxido de hidrógeno se recomienda utilizar equipo de protección. Guantes, gafas y máscara de gas. Esto es un compromiso que adquiere el Sistema de gestión para la seguridad y salud en el trabajo del establecimiento o institución donde se lleve a cabo este protocolo.

El lavado del filtro se usa peróxido de hidrógeno en un proceso rápido y sencillo, sin embargo, como los filtros se cambian cada tres meses, puede realizar este lavado si el valor de conductividad en el agua es alto, o se observa el filtro sucio a simple vista, es decir, con un color marrón oscuro, en caso contrario no es necesario realizar el siguiente lavado. Además, si realizó la desinfección con peróxido de hidrógeno de la máquina de ósmosis inversa no es necesario realizar este proceso.

1. Apagar la ósmosis inversa.
2. Cerrar la válvula que lleva agua del filtro de sedimentos hacia la máquina de ósmosis inversa, y abrimos la válvula de desagüe después del filtro de sedimentos.
3. Cerrar la válvula de salida de agua del filtro suavizador de resina activada por salmuera o del componente anterior al filtro retenedor de partículas de 5 micras.
4. Retirar el filtro e introducir 1 litro de peróxido de hidrógeno o el desinfectante de su preferencia.
5. Dejar el líquido en permanencia por 30 minutos para que el peróxido haga la desinfección del filtro.
6. Abrir la válvula que se cerró en el paso 3.
7. Dejar que el peróxido salga hacia el desagüe y el filtro quede libre de peróxido.
8. Luego de aproximadamente 10 minutos verificar que no haya presencia de peróxido de hidrógeno en el agua que pasa por el filtro. Para garantizar la no presencia de peróxido de hidrógeno, se recomienda tener tiras de prueba para presencia de peróxido de hidrógeno en el agua, en caso de utilizar otro desinfectante, tener a la mano una prueba para comprobar que el agua esté libre del desinfectante usado.
9. Cuando las tiras de peróxido de hidrógeno marquen cero, es decir, no exista presencia de peróxido de hidrógeno en el agua producto del tanque de almacenamiento, se procede a cerrar la válvula de desagüe del paso 2.

10. Inmediatamente se abre la válvula que lleva agua del filtro de sedimentos hacia la máquina de ósmosis inversa.
11. Encender la ósmosis inversa.

De esta manera se hace una buena desinfección del filtro, sin embargo, es de vital importancia cambiarlo cada tres meses, puesto que sus membranas comienzan a deshacerse.

#### **6.1.5. Mantenimiento predictivo.**

Con los procesos de mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección se garantiza la calidad del agua, sin embargo, se hace necesario un mantenimiento predictivo de todos los componentes del área de procesamiento de agua, para evitar daños en sus piezas o en su función, que puedan afectar la calidad del agua procesada.

- **Área de pretratamiento:** como se mencionó anteriormente esta zona de pretratamiento incluye filtro monomedia o de sedimentos, filtro de lecho de carbón y filtro suavizador de resina activada por salmuera. Se recomienda para el mantenimiento predictivo de los filtros revisar las manijas para los procesos de retrolavado en mantenimiento preventivo, las manijas deben girar con facilidad, no deben estar oxidadas, y deben poder girar en ambos sentidos sin problema, además los pasos de retrolavados deben ser visibles para uso del personal correspondiente. Si algo de lo mencionado anteriormente no se encuentra en condiciones correctas, se deben cambiar las manijas. Los filtros suelen estar diseñados en fibra de vidrio con una capa de propileno externa, verificar que el filtro en su parte externa no tenga hundidos, peladuras, o el material esté desprendido. Si es así y el daño ocupa hasta el 30% de la superficie externa del filtro debe cambiarse el filtro totalmente. Esto último con el fin de que en caso de baja presión el filtro no colapse, y no exista un filtro de emergencia de cambio, lo cual detendría de forma inmediata el procesamiento del agua. Revisar los manómetros, que no estén partidos, que marquen bien las presiones y que no estén oxidados por fuera.
- **Filtros retenedores de partículas o endotoxinas:** estos filtros se cambian cada 3 meses como se mencionó en su mantenimiento preventivo, sin embargo, se le hace mantenimiento preventivo al empaque. Verificar que los tornillos que fijan el filtro a la pared o tubería no estén oxidados, si lo están deben cambiarse. Por otro lado, verificar que el empaque del filtro no sea de un color claro o esté desgastado y permita el paso de luz al filtro. Cuando entra luz al filtro este se desgasta con mayor velocidad, en este caso se debe cambiar el empaque, por uno con tonalidad oscura o que no permita el paso de luz.
- **Ósmosis inversa:** a diferencia de los filtros la máquina de ósmosis inversa tiene un sistema hidráulico y electrónico, lo que la hace un equipo complejo. El mantenimiento predictivo debería dejarse a cargo de la empresa encargada del diseño de la máquina, sin embargo, el personal a cargo en la institución si conoce el manejo de la máquina y sus

componentes con manual en mano puede hacer el mantenimiento predictivo. Lo primero es verificar todas las conexiones y componentes, luego ver si algún componente está desgastado y oxidado, para su limpieza o cambio. Chequear el estado de las membranas, si están llenas de residuos sólidos, tienen fisuras o están sobrecargadas deben cambiarse de inmediato. Verificar las mangueras y los tubos, que no tengan goteras o escapes de agua, deben fijarse correctamente o cambiarlos.

- **Tanque de almacenamiento de agua producto:** el mantenimiento predictivo del tanque consiste en principalmente verificar que no haya cambios abruptos en el color del tanque, de ser así el desinfectante usado podría estar desgastando el material y debería cambiarse el tanque. Otra manera es comprobar que el material del tanque no se desprende con facilidad. Además, debe verificarse que no existan goteras o fugas de agua en sus tuberías, de esta manera deben apretarse los tubos o cambiarse.
- **Equipo de radiación UV:** el equipo de radiación UV necesita un mantenimiento predictivo para garantizar que la intensidad de luz emitida sea correcta, se puede utilizar un luxómetro para ello. Sin embargo, para su mantenimiento predictivo es necesario revisar que el cable de conexión eléctrica no esté gastado o pelado, y que al equipo le llegue suficiente potencia para irradiar los distintos niveles de intensidad de la radiación UV.
- **Bombas y tubería en general:** siempre se debe verificar que no haya goteras o fugas de agua en las tuberías. Además, se debe verificar que la red eléctrica es suficiente para el arranque de todas las bombas de succión de agua que haya en el área de procesamiento, esto evitará daños en las bombas a largo plazo. También deben revisarse el estado de las bombas, si están oxidadas, si el motor funciona bien, si los rodets impulsan el agua y si es correcta la presión del fluido, esto dependerá de la institución.

#### **6.1.6. Seguimiento programado, identificación de fallas y reparación.**

El mantenimiento preventivo nos ayuda a minimizar errores a futuro, sin embargo, esto debe hacerse de forma rutinaria, y se deben identificar las fallas y repararlas.

Para ello, es necesario que la institución tenga un seguimiento programado que dependerá del personal, el área y los componentes correspondientes de la institución. Se recomienda mínimo hacer una revisión cada semana, máximo cada dos meses sobre mantenimiento predictivo. Sin embargo, si se llegan a presentar fallas en los componentes, deben registrarse en un formato de servicio técnico y ser atendidas por el ingeniero a cargo. Para ello, se sugiere un modelo de formato de servicio técnico en caso de falla que puede observar en el Anexo 2 al final de este documento.

Es importante llevar un registro de todas las fallas presentadas en cada componente, en especial en la máquina de ósmosis inversa. Si se hacen cambios en los filtros debe llevarse un reporte en caso de reparación o cambio de filtro total.

#### **6.1.7. Mantenimiento de registros.**

Como se mencionó anteriormente es necesario llevar registros de toda el área de procesamiento de agua. Estos registros deben revisarse constantemente y ser actualizados por el ingeniero biomédico a cargo. A continuación, se sugieren algunos formatos de registros para diferentes funciones, los formatos los podrá encontrar en la parte de anexos al final de este documento:

1. Formato individual de mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección. Anexo 3.
2. Formato de mantenimiento en infraestructura. Anexo 4.
3. Formato de pruebas microbiológicas del agua. Anexo 5.
4. Formato de chequeo diario. Anexo 6.

Estos formatos se llenan según la periodicidad de cada acción correspondiente, pero se recomienda que mínimo una vez por semana se revisen estos registros y se verifique que todos estén al día. Hay que recordar que esto es importante para auditorías internas o externas que puedan presentarse en la institución.

#### **6.1.8. Monitoreo de pacientes.**

Todos los procedimientos anteriormente mencionados requieren practicarse en conjunto para garantizar la seguridad del paciente. Como se menciona en el apartado 4, de riesgos y peligros, son muchos los factores que ponen en peligro la seguridad y salud del paciente, la presencia de bacterias, contaminantes químicos y sustancias tóxicas en el agua podrían llevar al paciente a presentar síntomas que no son habituales. Se requiere una monitorización diaria del paciente, tanto en el momento de la diálisis como en el momento en que el paciente se encuentra en casa:

- **Monitoreo en sala de hemodiálisis:** El monitoreo en la sala de hemodiálisis se realiza por la enfermera jefe a cargo, las auxiliares de enfermería, el médico de ronda, psicólogo, nutricionista dietista, trabajadora social o el especialista en nefrología que esté a cargo del paciente, es vital que todos estos profesionales de la salud que están en constante comunicación con el paciente estén atentos a cualquier síntoma de alerta. Puesto que estos son el talento humano presente en un servicio de hemodiálisis según la resolución 2003 del 2014. El especialista en nefrología sabrá en qué momento el paciente presenta síntomas que pueden estar asociados a mal procesamiento de agua y lo notificará al área de ingeniería clínica correspondiente. Sin embargo, estos profesionales deben estar atentos a los síntomas que el paciente presenta, como: escalofríos, calambres, hipotermia, dolor abdominal, debilidad muscular, y realizar exámenes para determinar una intoxicación

o infección y solicitar pruebas al agua tratada, principalmente de cloro libre, cloro total, dureza, conductividad y en caso de intoxicación pruebas microbiológicas, y suspender el procesamiento de agua en caso de que los valores superen lo estipulado por el estándar americano ANSI/AAMI RD62.

- **Monitoreo en casa:** En casa los familiares del paciente deben llevar un monitoreo propio. Los pacientes con enfermedad renal suelen presentar molestias en su vida diaria, pero se debe tener especial cuidado cuando el paciente presente nuevos síntomas. También si el paciente presenta escalofríos, calambres, hipotermia, dolor abdominal, debilidad muscular se debe comunicar principalmente a la trabajadora social para que esta pueda notificar al especialista en nefrología o el médico a cargo, para que puedan valorar al paciente y realizar exámenes de sangre en caso de que se necesite.

Es importante que en todo momento se evidencie la estabilidad del paciente y se garantice su seguridad en los procedimientos prestados.

## **6.2. Capacitación del personal.**

La institución hospitalaria que preste el servicio de hemodiálisis deberá encargarse de capacitar al personal de jefes de enfermería y auxiliares de enfermería sobre el manejo de las máquinas de hemodiálisis. Sin embargo, también debe capacitar al personal de tecnólogos e ingenieros biomédicos que manejen toda el área de procesamiento de agua, para el manejo de los siguientes temas:

- Conocimiento general de cómo funciona el área de procesamiento de agua, que partes la conforman y cuál es la función de cada componente.
- Realización de pruebas diarias de cloro, dureza y conductividad en el agua, y el manejo de los kits para las pruebas.
- Conocimiento sobre el manejo de químicos utilizados en los lavados y desinfecciones y sus potenciales riesgos.
- Lavado y desinfección de todos los componentes.
- Llevar al día el cronograma de mantenimientos en el área de procesamiento de agua.
- Conocimiento sobre la conexión de toda la red de tubería y la distribución de agua tratada a la sala de diálisis.
- Conocimiento sobre las máquinas de hemodiálisis y su mantenimiento.

## **6.3. Monitoreo y evaluación.**

Para garantizar la seguridad del paciente y la calidad del agua tratada, se hace necesario un monitoreo que evalúa el estado del agua en cada punto de procesamiento, por ello se recomienda tener puntos de muestra de agua en la tubería al final de cada componente para reconocer cual es el componente que falla en el procesamiento de agua, en caso de que los valores estén por fuera de lo normal. Se realiza un monitoreo diario y mensual de toda el área.



### 6.3.1. Monitoreo diario.

Diariamente se debe hacer un monitoreo de los siguientes parámetros, recordar que los valores de presión y temperatura pueden variar según los elementos que tenga en el área de procesamiento y vienen especificados en las instrucciones del fabricante.

- **Presiones:** Se verifica las presiones en los manómetros de los filtros de la etapa de pretratamiento, en la ósmosis inversa y en la válvula de agua de salida del agua producto, si tiene otros puntos para verificar presión de agua también debe chequearlos. Los filtros de pretratamiento, monomedia, carbón y suavizador, deben tener la misma presión de agua, el agua debe tener la misma presión en todo el trayecto de procesamiento, estos filtros deben tener una presión normalmente no mayor a 60 psi y no menor a 45 psi. Sin embargo, esto depende de la institución.
- **Temperatura:** Se verifica la temperatura del agua, que esté a temperatura ambiente dependiendo del entorno. Generalmente está a 25°C según el estándar nacional americano ANSI/AAMI RD62 [21].
- **Flujos:** Se verifica el flujo de agua de alimentación que suministra al área de procesamiento, así mismo verificar el flujo de agua producto, agua de rechazo y agua de recirculación en la ósmosis inversa, recordar que esto depende de las especificaciones del fabricante. Hay que recordar que el agua de rechazo es el agua que va al drenaje con todos los componentes que no son deseados en el agua tratada.
- **Total de sólidos disueltos (TDS):** Se verifica el TDS del agua potable que entra al área de procesamiento, del agua producto que llega a las máquinas de hemodiálisis y del agua de rechazo que va al desagüe. Este valor depende de la conductividad del agua, la conductividad máxima del agua ultrapura es 5 uS/cm [32].
- **Dureza:** Se verifica la dureza del agua que sale del filtro suavizador o de resina activada por salmuera, la dureza debe ser cero, es decir, no debe haber presencia de metales en el agua procesada al final del filtro [21].
- **Test de cloro:** Mide el cloro libre y total del agua, este cloro es removido normalmente por el filtro de lecho de carbón, el nivel máximo de cloro libre según el estándar nacional americano ANSI/AAMI RD62 debe ser de 0.5 mg/L.

### 6.3.2. Monitoreo mensual.

Se debe hacer un monitoreo mensual y cada dos meses sobre los siguiente:

- **Medidores de conductividad:** Debe calibrarse mensualmente los medidores de conductividad del agua, ya que este valor debe ser preciso.
- **Pruebas microbiológicas:** Se recomienda realizar las pruebas microbiológicas al agua cada mes o cada dos meses según la disponibilidad de la institución, ya que estas pruebas las realizan laboratorios externos. Estas pruebas deben aplicarse al agua en los

puntos de prueba al final del filtro de lecho de carbón, al final de la máquina de ósmosis inversa, a la salida del tanque de almacenamiento de agua producto y el agua que llega a las máquinas de hemodiálisis. Estas pruebas se recomiendan realizar cada mes según las directrices de garantía de calidad para dispositivos de hemodiálisis de la FDA [33].

- **Evaluación de riesgos:** Debe hacerse un constante monitoreo sobre el mantenimiento predictivo de todos los elementos del área de procesamiento de agua.

## **7. METODOLOGÍA.**

En el siguiente escrito se hará una descripción del proceso que se llevó a cabo para diseñar el protocolo anteriormente descrito, con un cronograma de actividades, para ello se diseñó un diagrama de Gantt para mostrar todas las actividades realizadas en los tiempos estipulados. De igual manera, se evidencia la identificación del problema, solución del problema, partes importantes del protocolo en la solución del problema y una encuesta realizada a instituciones que prestan el servicio de hemodiálisis para conocer como realizan los procesos de mantenimiento y evaluar la utilidad del protocolo propuesto.

La idea del diseño de este protocolo surgió de una corta experiencia de una práctica profesional no finalizada en un centro que brinda servicio de hemodiálisis, todos los procedimientos propuestos en el protocolo se realizaron de forma presencial en la institución bajo la supervisión de profesionales en el área, con esto nació la idea de unificar toda la información en un solo protocolo, que reúna la información relevante sobre procesos de limpieza, desinfección, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y mantenimiento de registros en un área de procesamiento de agua utilizada en máquinas de hemodiálisis. Así mismo, garantizando una correcta capacitación del personal encargado y garantizando agua de calidad para la seguridad y salud de los pacientes.

### **7.1. Diagrama de Gantt.**

Se realizó un diagrama de Gantt para llevar un cronograma de la realización de todas las actividades propuestas. Dando paso al desarrollo del proyecto completo, comenzando con la identificación de un problema durante la realización de una práctica en campo, donde se prestaba servicio de hemodiálisis, presentar ideas y posibles soluciones al problema. Luego se seleccionó una solución, se plantearon los objetivos del proyecto y se comenzó con una revisión bibliográfica para indagar sobre los temas tratados y respaldar los parámetros según el estándar nacional americano ANSI/AAMI RD62. Posteriormente se partió de una introducción, marco teórico, identificación de riesgos y peligros, creación del protocolo, metodología. Se diseñó una encuesta, se obtuvieron resultados y se discutieron para finalizar con las conclusiones del proyecto. El diagrama de Gantt puede encontrarse en el Anexo 1.

### **7.2. Identificación del problema.**

Es de vital importancia garantizar agua de calidad en el proceso de hemodiálisis para la seguridad de los pacientes. Durante el análisis de lo aprendido se hace evidente la importancia de contar con herramientas escritas sobre los procesos de mantenimiento preventivo, lavado y desinfección del área de procesamiento de agua.

En un servicio de hemodiálisis es necesario garantizar que los lavados, desinfecciones y mantenimientos se hagan en las fechas correctas, de manera segura para el personal por el manejo de químicos, y que garanticen la calidad del agua tratada, por ello, todos estos procesos deben realizarse de manera rigurosa y responsable, todo en conjunto conlleva a garantizar la seguridad del paciente.

### 7.3. Pregunta de investigación.

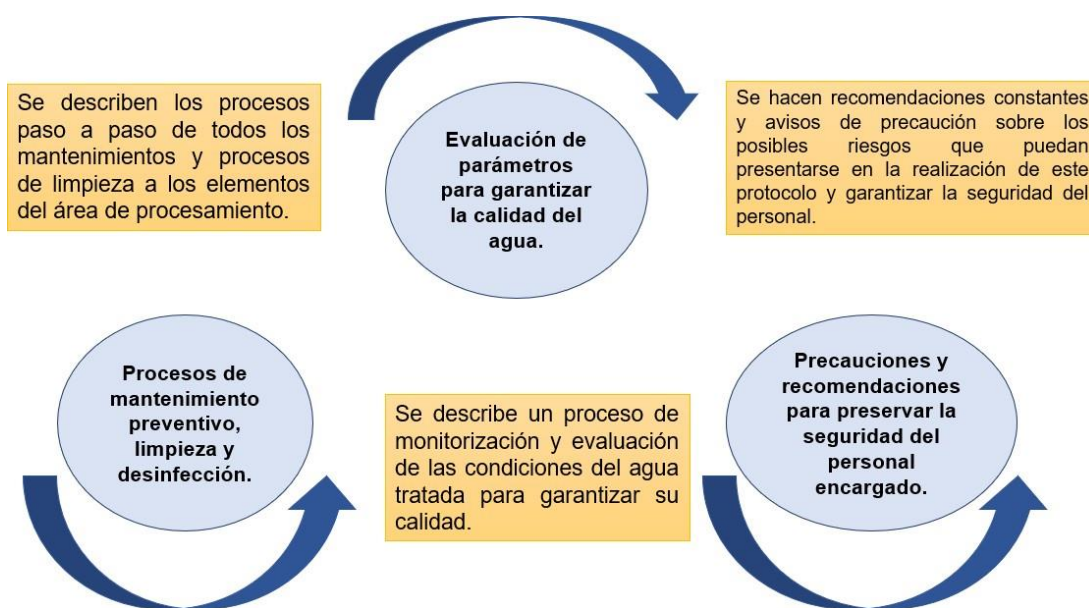
¿Por qué es necesario diseñar un protocolo de mantenimiento preventivo para el área de procesamiento de agua utilizada en máquinas de hemodiálisis?

### 7.4. Hipótesis.

La respuesta a la pregunta de investigación es la realización de un protocolo de mantenimiento preventivo que centralice la información en un solo escrito, incluyendo todos los procesos de mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección a cargo del área de ingeniería clínica, y a su vez garantice la seguridad del paciente y del personal. Un protocolo basado en parámetros de calidad de agua estipulados por un estándar internacional, en específico el estándar nacional americano ANSI/AAMI RD62, para brindar una guía de los procesos a instituciones que presten servicio de hemodiálisis, y establecer una secuencia en la realización de estos, que mantenga la seguridad del paciente y el personal encargado.

### 7.5. Solución y estructura del protocolo.

Como se mencionó anteriormente la solución a la pregunta problema es el diseño de un protocolo, para ello se escribieron diferentes puntos de interés a tratar en el protocolo y que satisfacen los objetivos de este proyecto como lo muestra la figura 6.



**Figura 6.** Pasos en la solución del diseño del protocolo propuesto. Elaboración del autor.

El protocolo está descrito a detalle en el numeral 6, donde incluye paso a paso todos los procedimientos, químicos usados y recomendados, precauciones al personal, parámetros medibles importantes en la calidad del agua y frecuencias de lavado y monitoreos para garantizar la eficacia de los procesos.

## 7.6. Metodología.

Este protocolo puede aplicarse a instituciones prestadoras de servicios de salud que cuenten con unidad renal o presten servicio de hemodiálisis en Unidad de Cuidados Intensivos. Puesto que todo tratamiento de hemodiálisis requiere del uso de agua 100% tratada. Para ello, se elaboró una encuesta con preguntas sobre frecuencias de lavado, pruebas químicas y microbiológicas del agua tratada, y distintos puntos que abarca este protocolo. El objetivo de esta encuesta es tener una idea general sobre el tratamiento de áreas de procesamiento de agua o plantas de agua en distintas instituciones hospitalarias y conocer cómo éstas manejan los procedimientos.

La prueba se aplicó a 15 instituciones, de las cuales 11 respondieron la encuesta, bajo anonimato. La encuesta cuenta con un consentimiento informado reservando la identidad de las instituciones e invitando a responder de forma totalmente voluntaria y de manera anónima. A continuación, se anexan las 8 preguntas de la encuesta:

**Pregunta 1.** Las máquinas de hemodiálisis funcionan principalmente con agua, por ello deben ir conectadas a un suministro de agua tratada o bien traer en un contenedor el agua que utilizarán. En el centro médico donde usted labora, la diálisis se realiza con agua 100% tratada?

1. Sí
2. No

**Pregunta 2.** Para el agua utilizada en las máquinas de hemodiálisis se necesitan pruebas microbiológicas, tanto en el lugar donde se almacena el agua, el lugar donde se procesa el agua, y el agua que llega directamente a las máquinas. ¿Con qué frecuencia realizan estas pruebas? Única respuesta.

1. Cada dos meses.
2. Cada 3 o 4 meses.
3. Cada 6 meses.
4. Cada año.
5. No se realizan, o el agua ya viene con la máquina de hemodiálisis.

**Pregunta 3.** En caso de tener una alberca para almacenamiento de agua antes de ser procesada, ¿esta alberca con qué frecuencia se lava? Única respuesta.

1. Cada dos meses.
2. Cada 3 o 4 meses.
3. Cada 6 meses.
4. Cada año.
5. No se lava o no se tiene alberca.

**Pregunta 4.** Para los centros con área de procesamiento de agua, diariamente se debe hacer seguimiento de las presiones en los filtros de pretratamiento, temperatura del agua producto de salida, y agua de producto, rechazo y recirculación en ósmosis inversa. ¿Con qué frecuencia se hace este chequeo? Única respuesta.

1. Diariamente.
2. 2-3 días.

3. Semanalmente.
4. Nunca.
5. Las instalaciones no cuentan con área de procesamiento de agua.

**Pregunta 5.** En la etapa de pretratamiento con filtros de sedimentos, retenedores de partículas, suavizador y lecho de carbón, ya sea en un área de preprocesamiento o en una miniplanta portable, seleccione qué tipo de pruebas se les hace al agua procesada en esta etapa. Múltiples respuestas.

1. Medición de cloro libre.
2. Medición de cloro total.
3. Prueba de dureza.
4. Medición de conductividad en el agua.
5. Ninguna de las anteriores.

**Pregunta 6.** En la etapa de pretratamiento con filtros de sedimentos, retenedores de partículas, suavizador y lecho de carbón, ya sea en un área de preprocesamiento o en una miniplanta portable, ¿con qué frecuencia se le hace retrolavado a los filtros? Única respuesta

1. Todos los días.
2. Día por medio.
3. Cada dos o tres días.
4. Semanalmente.
5. Una vez al mes.
6. Nunca.
7. Las instalaciones no cuentan con área de procesamiento de agua.

**Pregunta 7.** Después del pretratamiento siguen fases para pulir la calidad del agua, muchas veces en una máquina de ósmosis inversa, ¿cada cuanto se le hace la desinfección y limpieza? Única respuesta.

1. Cada tres meses.
2. Cada 6 meses.
3. Cada año.
4. Nunca.
5. No hay ósmosis inversa.

**Pregunta 8.** Luego de toda la etapa de procesamiento del agua, normalmente se tiene un tanque de almacenamiento del agua producto, antes de distribuirla al anillo que lleva el agua a las máquinas de hemodiálisis. Este tanque debe lavarse y desinfectarse con peróxido de hidrógeno al 50%. ¿Cada cuanto se realiza este procedimiento? Única respuesta.

1. Cada semana.
2. Cada 15 días.
3. Cada mes.
4. Cada 6 meses.
5. Cada año.
6. Nunca se lava.

7. Las instalaciones no cuentan con área de procesamiento de agua.

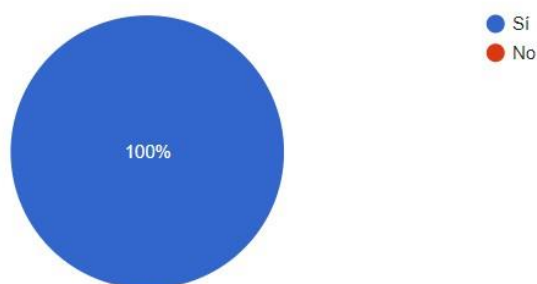
La pregunta 1 es básica, puesto que todo el protocolo parte de la condición para hemodiálisis con agua 100% tratada. Las preguntas 2 y 5, hablan sobre las pruebas, es necesario tener información sobre ello y sobre cada cuánto se realizan, esto garantiza la calidad del agua tratada. Las preguntas 3, 6, 7 y 8 nos brindarán información acerca de las frecuencias de mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección a todos los elementos del área, lo que evita riesgos en el tratamiento del agua y es indispensable en el protocolo. Y la pregunta 4, nos da información sobre el monitoreo del área de pretratamiento de agua, lo que garantiza que los procesos se cumplan con total normalidad, esto ayuda a las instituciones a garantizar el servicio renal prestado, y el protocolo abarca todos los monitoreos necesarios para cumplir con esto.

## 8. RESULTADOS.

Como se mencionó anteriormente se obtuvieron resultados de 11 instituciones que tienen unidad renal o prestan servicio de hemodiálisis en UCI. A continuación, se muestran gráficos sobre los resultados de cada encuesta:

Las máquinas de hemodiálisis funcionan principalmente con agua, por ello deben ir conectadas a un suministro de agua tratada o bien traer en un contenedor el agua que utilizarán. En el centro médico donde usted labora, la diálisis se realiza con agua 100% tratada?

11 respuestas



**Figura 7.** Resultados pregunta número 1.

Como se observa en la figura 7 el 100% de los encuestados manejan el proceso de hemodiálisis con agua 100% tratada, de esta manera todas las instituciones garantizan la calidad de la terapia en personas con enfermedad renal crónica.

Para el agua utilizada en las máquinas de hemodiálisis se necesitan pruebas microbiológicas, tanto en el lugar donde se almacena el agua, el lugar donde se procesa el agua, y el agua que llega directamente a las máquinas. ¿Con qué frecuencia realizan estas pruebas?

11 respuestas



**Figura 8.** Resultados pregunta número 2.

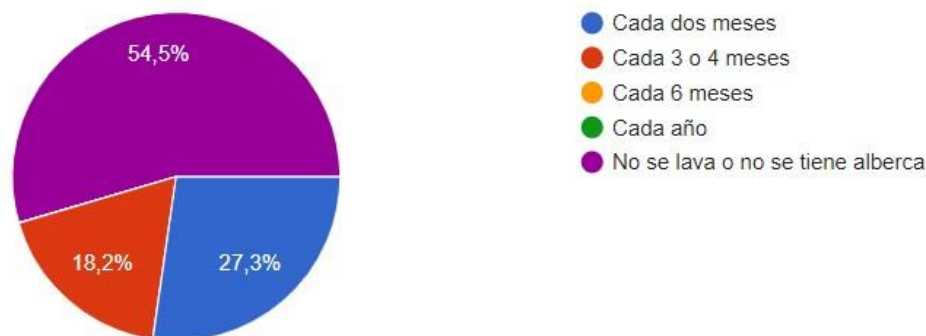
Como se observa en la figura 8, la mayoría de las instituciones encuestadas, el 54,5%, lo que corresponde a 6 de las 11 instituciones, realizan las pruebas microbiológicas al agua procesada cada dos meses, de las instituciones el 18,2% realizan las pruebas cada 3 o 4 meses, y sólo una institución, que corresponde al 9,1% realiza las pruebas cada 6 meses. Sin embargo, las dos instituciones restantes, el 18,2%, no realizan las pruebas microbiológicas, esto debido a que algunas máquinas de hemodiálisis ya cuentan con el agua procesada y con pruebas microbiológicas anexas, esto suele pasar



en las instituciones donde alquilan máquinas de hemodiálisis y el mantenimiento es responsabilidad de la empresa que las distribuye y alquila.

En caso de tener una alberca para almacenamiento de agua antes de ser procesada, ¿esta alberca con qué frecuencia se lava?

11 respuestas



**Figura 9.** Resultados pregunta número 3.

Como se observa en la figura 9, 3 instituciones lo que corresponde al 27.3% lavan la alberca de almacenamiento de agua potable cada dos meses, y 2 instituciones, lo que corresponde al 18.2%, la lavan cada 3 o 4 meses. Sin embargo, observamos que la mayoría de las instituciones encuestadas, el 54.5%, no lavan la alberca o no tienen, esto puede ocurrir porque se tiene el área de procesamiento conectada directamente al suministro de agua potable local, o bien las máquinas traen su propia agua procesada.

Para los centros con área de procesamiento de agua, diariamente se debe hacer seguimiento de las presiones en los filtros de pretratamiento, temperatura del agua producto de salida, y agua de producto, rechazo y recirculación en ósmosis inversa. Con qué frecuencia se hace este chequeo?

11 respuestas



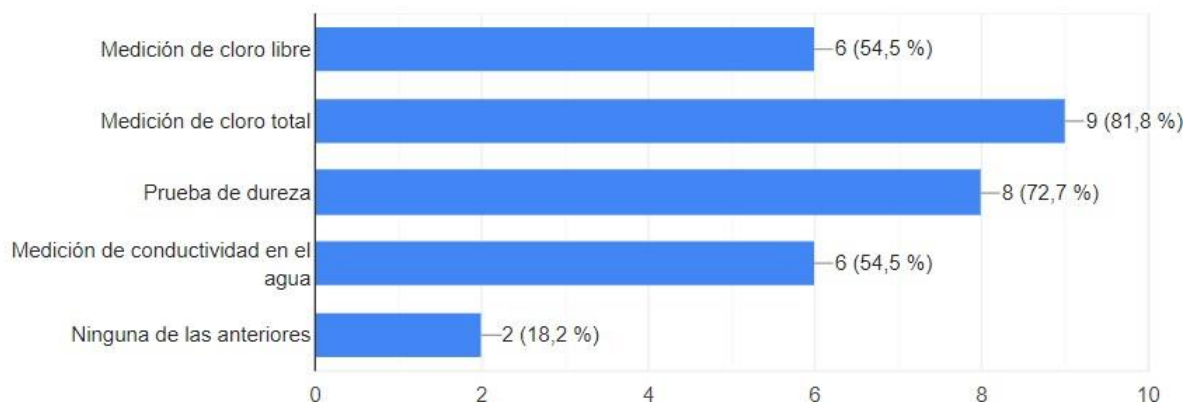
**Figura 10.** Resultados pregunta número 4.

Como se observa en la figura 10, la mayoría de las instituciones encuestadas, 7 de 11, lo que corresponde al 63.6% realizan el chequeo de las presiones en los filtros de pretratamiento, temperatura del agua producto, cantidad de agua producto, agua de rechazo y agua recirculando en ósmosis inversa diariamente, estos parámetros son vitales para garantizar una correcta diálisis en el paciente, sin embargo, el 36.4%

restante no realizan el chequeo porque no cuentan con un área de procesamiento de agua, lo cual puede ocurrir porque algunas máquinas de hemodiálisis traen su propia agua procesada o van conectadas a miniplantas de agua portátiles.

En la etapa de pretratamiento con filtros de sedimentos, retenedores de partículas, suavizador y lecho de carbón, ya sea en un área de preprocesamiento o en una mini-planta portable, seleccione qué tipo de pruebas se les hace al agua procesada en esta etapa. Puede seleccionar varias opciones.

11 respuestas



**Figura 11.** Resultados pregunta número 5.

Como se observa en la figura 11 hay una gran variedad en el número de instituciones que realizan las pruebas nombradas anteriormente al agua tratada. La mayoría de instituciones, el 81.8%, realizan la medición de cloro total en la etapa de pretratamiento; el 72.7% realizan prueba de dureza al agua; el 54.5% de las instituciones realizan tanto prueba de cloro libre, como medición de conductividad en el agua; finalmente sólo 2 instituciones lo que corresponde al 18.2% no realizan este tipo de pruebas al agua, esto puede ser porque las máquinas llegan incorporadas al servicio con su propia agua tratada, recordemos que en la pregunta 4, el 36.4% de las instituciones no cuentan con área de procesamiento, sin embargo, si cuentan con miniplantas portátiles, pueden hacer las pruebas a el agua que producen las miniplantas. Por ello, las dos instituciones que no realizan estas pruebas, la razón más acertada es porque el agua viene tratada y con pruebas previamente tomadas.

En la etapa de pretratamiento con filtros de sedimentos, retenedores de partículas, suavizador y lecho de carbón, ya sea en un área de preprocesamiento o en una mini-planta portable, con qué frecuencia se le hace retrolavado a los filtros?

11 respuestas

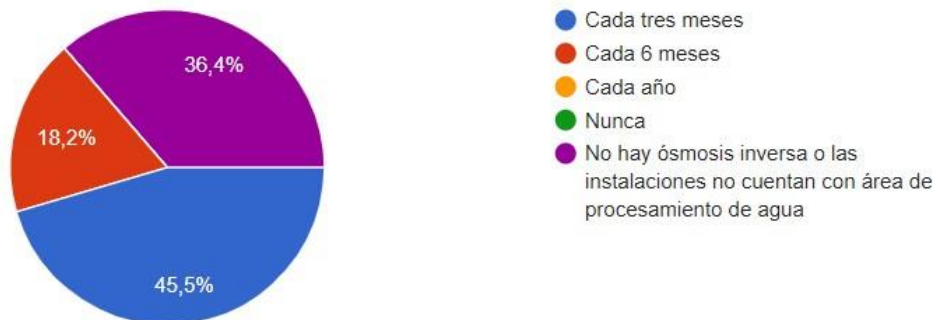


**Figura 12.** Resultados pregunta número 6.

Como se observa en la figura 12, la frecuencia con la que se hacen los retrolavado de los filtros del área de pretratamiento varía mucho en las instituciones, el 45.5% realiza este retrolavado diariamente, el 18.2% sólo lo realiza día por medio, y el 9.1%, que corresponde a sólo una institución hace el retrolavado una vez por semana. De igual manera podemos observar que el 27,3% de las instituciones no cuentan con el área de pretratamiento, por ende, las máquinas vienen con su agua procesada, o usan miniplantas portátiles.

Después del pretratamiento siguen fases para pulir la calidad del agua, muchas veces en una máquina de ósmosis inversa, cada cuanto se le hace la desinfección y limpieza?

11 respuestas



**Figura 13.** Resultados pregunta número 7.

Como se observa en la figura 13, el 45.5% de las instituciones le realiza el mantenimiento preventivo de limpieza y desinfección a la máquina de ósmosis inversa del área de tratamiento de agua cada 3 meses, sin embargo, un 18.2% lo realiza cada 6 meses. Observamos de igual manera que el 36.4% no cuenta con área de tratamiento de agua, lo cual coincide con las mismas instituciones de la pregunta 4, que no cuentan con el área.

Luego de toda la etapa de procesamiento del agua, normalmente se tiene un tanque de almacenamiento del agua producto, antes de distribuirla al anillo que lleva el agua a las máquinas de hemodiálisis. Este tanque debe lavarse y desinfectarse con peróxido de hidrógeno al 50%. ¿Cada cuanto se realiza este procedimiento?

11 respuestas



**Figura 14.** Resultados pregunta número 8.

Como se observa en la figura 14, los resultados sobre la frecuencia de lavado y desinfección del tanque de almacenamiento de agua producto son muy variados, el 27.3% de las instituciones realiza este lavado cada 6 meses, el 9.1% una vez al mes, el otro 9.1% cada 15 días, y el otro 9.1% una vez por semana. Sin embargo, menos de la mitad de las instituciones, el 45.5% no cuentan con el área de procesamiento de agua o no tienen tanque de almacenamiento de agua producto, aquí se incluye el 36.4% de instituciones que no cuentan con el área de procesamiento de agua, y puede que el restante para completar el 45.5% no cuente con el tanque de almacenamiento, es decir, que el agua tratada llega directamente del área al anillo de tuberías de distribución hacia las máquinas de hemodiálisis.

Estos fueron los resultados de la encuesta aplicada a 11 instituciones hospitalarias que manejan unidad renal o bien prestan el servicio de hemodiálisis en UCI. Estos resultados son de mucha utilidad para evidenciar la utilidad del protocolo diseñado.

## 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Con los resultados presentados se evidencia que un bajo porcentaje de las instituciones, exactamente el 36.4%, que corresponde a 4 instituciones, no cuentan con área de procesamiento de agua, pero si cumplen con el requisito para tratamiento con hemodiálisis de utilizar agua 100% tratada, lo que supone que estas instituciones manejan agua tratada en sus máquinas o tienen miniplantas de agua portátiles conectadas a cada máquina de hemodiálisis. Esto suele ocurrir en instituciones hospitalarias que alquilan máquinas de hemodiálisis a grandes empresas, y si las máquinas traen internamente contenedores de agua tratada, no se hace necesario un área de procesamiento.

Otro caso suele ser el alquilar máquinas de hemodiálisis para prestar el servicio sólo en UCI, haciendo que el número de máquinas sea reducido, y dependa de la demanda de pacientes con enfermedad renal crónica que lleguen al hospital, para esto cada máquina vendrá equipada con una mini planta de agua portátil, o podrían tener una mini planta para dos máquinas dado el caso, como se mencionó esto depende de la demanda de pacientes que lleguen al hospital con falla renal, además en UCI también suelen utilizarse otras máquinas para personas en estado de coma, o que necesiten de la asistencia de una máquina para filtrar la sangre y eliminar líquidos del cuerpo ya que se encuentran en estado crítico, estas máquinas normalmente realizan hemofiltración y no requieren el uso de agua. Este proceso de hemofiltración es una hemodiálisis continua, y no utilizan agua, porque hacen uso de filtros especiales revestidos de células de túbulo proximal procedentes de riñones humanos, que permiten ofrecer un mejor proceso de diálisis [31]. Este porcentaje de instituciones no requiere el uso de un protocolo como el abarcado en este informe, puesto que este protocolo se aplica a áreas de procesamiento de agua.

En general, se observa en la figura 11 que no hay unanimidad en las instituciones sobre la implementación de las pruebas rutinarias que se le practican al agua tratada, como lo sugiere el estándar nacional americano ANSI/AAMI RD62, deberían practicarse todas estas pruebas según la cantidad máxima de contaminantes permitidos en el agua expresados en la Tabla 1 y de manera diaria como lo sugiere este protocolo.

Además también hay diferencias en los lapsos de tiempo para tomar las pruebas microbiológicas del agua, expresado en la figura 8, sólo aproximadamente la mitad de las instituciones las hacen cada dos meses como sugiere este protocolo para detectar agentes microbiológicos que impliquen un riesgo para los pacientes, en el agua y poder tratarlo a tiempo, el resto de instituciones que cuentan con el área de procesamiento realizan las pruebas cada 3, 4 o 6 meses, donde se puede evidenciar que no todas las instituciones siguen una guía o protocolo en la toma de muestras, si no que depende de los encargados del área en cada una de ellas. Cabe destacar que habitualmente estas pruebas microbiológicas las realizan laboratorios ajenos a las instituciones, y según los resultados obtenidos la institución toma decisiones sobre los procesos del área de mantenimiento de agua, las instituciones que no realicen estas pruebas lo hacen porque las máquinas de hemodiálisis incluyen el agua tratada con pruebas previamente realizadas y aceptadas por la empresa encargada.

El 63.6% restante de las instituciones que sí cuentan con área de procesamiento de agua para máquinas de hemodiálisis son útiles para la aplicación de este protocolo. Como se observa en los resultados en la figura 1, este 63.6% de las instituciones antes

mencionado realiza el chequeo de las presiones en los filtros de pretratamiento, temperatura del agua producto de salida, y agua de producto, rechazo y recirculación en ósmosis inversa diariamente, como lo sugiere este protocolo en el monitoreo diario para garantizar la calidad del agua producto.

Sin embargo, en los resultados se evidencia que hay respuestas muy variadas en cuanto a las frecuencias de lavado de los elementos que conforman el área de procesamiento, en la figura 9 se observa que el 27.3% de las instituciones realiza el lavado de la alberca de agua potable cada dos meses, y el 18.2% realiza el lavado cada 3 meses, ambas frecuencias son correctas dependiendo del tamaño de la alberca como lo sugiere este protocolo, pero también se puede observar que el restante de las instituciones no tienen alberca o no la lavan, de lo cual sabemos que el 36.4% no cuenta con área de procesamiento de agua, lo que nos indica que el 18.2% no tiene una alberca, esto no supone errores en la calidad del agua, sin embargo es riesgoso en caso de que se suspenda el suministro de agua local, este protocolo incluye el lavado y desinfección de la alberca de almacenamiento de agua potable, útil para suministrar de manera continua un flujo de agua constante hacia el área de procesamiento de agua, por ende, al paciente. Por otro lado, en cuanto a la frecuencia de retrolavados al área de pretratamiento que usualmente cuenta con filtros de sedimentos, retenedores de partículas, suavizador y lecho de carbón, en la figura 12 se puede observar que el 45.5% realiza este lavado diariamente, y el 18.2% lo realiza día por medio como lo sugiere este protocolo, sin embargo, vemos que el 9.1% lo realiza una vez por semana y el restante no cuenta con el área de procesamiento de agua.

La importancia de los retrolavados en los filtros de pretratamiento radica en eliminar componentes químicos, metales, y sobre todo remover el alto contenido de cloro en el agua, si no se hacen los retrolavados en los filtros con la frecuencia correcta, puede desgastar los componentes al interior de estos filtros, en el caso del carbón retener muchas partículas e inhibir la acción del carbón activo, en el caso de la resina los metales quedarán atrapados en ella y no se activará correctamente al momento de suavizar el agua y en el caso del filtro monomedia el exceso de residuos del agua, dificultan la limpieza del agua, por ello la importancia de hacer este proceso.

Para la limpieza y desinfección de la máquina de ósmosis inversa, los resultados observados en la figura 13 nos muestran que del 63.6% lo que corresponde a 7 de 11 instituciones que cuentan con área de procesamiento de agua, 5 instituciones realizan estos procesos cada 3 meses como sugiere este protocolo, y 2 instituciones los realizan cada 6 meses, esto puede ser especificado por el fabricante de la ósmosis inversa, sin embargo, observamos que no hay unanimidad en las respuestas, y se resalta que este lavado es importante para que el último paso de procesamiento de agua se realice de manera correcta garantizando la calidad de la misma, si se demoran en hacer estos procesos las membranas de la ósmosis pueden desgastarse, lo que supone un riesgo en el procesamiento de agua y más gastos en la institución por el reemplazo de las membranas, por ello es importante la frecuencia de lavado.

Para el lavado y desinfección del tanque de almacenamiento de agua producto se tienen frecuencias de lavado muy variadas en las instituciones, como observamos en la figura 14, el 9.1% realiza este lavado cada semana, el otro 9.1% lo realiza cada 15 días, el otro 9.1% lo realiza cada mes y el 27.3% lo realiza cada 6 meses. Este protocolo sugiere lavarlo cada 15 días o cada mes, según la capacidad del tanque, para que no se desarrolle un crecimiento de bacterias en sus paredes y afecte la calidad del agua

producto, esto es muy importante para garantizar que no se pierda todo el procesamiento del agua y llegue totalmente tratada a las máquinas de hemodiálisis, sin embargo, observamos muchas variaciones en las frecuencias de lavado de cada institución.

Como mencionamos no hay unanimidad o relación entre las respuestas obtenidas, y esto es habitual porque los procesos en un área de procesamiento de agua utilizada en máquinas de hemodiálisis dependen de la institución hospitalaria que preste el servicio y del personal encargado. Esto evidencia la utilidad del protocolo propuesto, en centralizar toda la información sobre pruebas, mantenimiento preventivo y reportes de toda esta área, basándose en datos comprobados por el estándar nacional americano ANSI/AAMI RD62. Con el uso de este protocolo se garantiza una secuencia en los procesos, y la seguridad del personal encargado y el paciente, facilitando la realización de los procesos y garantizando la calidad del agua procesada. Al garantizar la calidad del agua procesada, se garantiza un correcto procedimiento de hemodiálisis en los pacientes, lo que reduce síntomas indeseados, mejora la expulsión de líquidos retenidos en el cuerpo, y mejora la calidad de vida del paciente, esto tiene un impacto en la vida de cada una de estas personas.

## **10. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.**

Se recomienda la evaluación y validación del protocolo propuesto por parte del área de ingeniería clínica de la institución que decida implementar el mismo. Su utilidad es importante en la capacitación del personal encargado y la calidad de los procesos.

Antes de implementar el protocolo, haga una evaluación de los componentes del área de procesamiento de agua, que componentes tiene, los tamaños, materiales, el orden de los componentes, y de esta manera acoplarlo al protocolo propuesto.

Para trabajos futuros se plantea validar este protocolo mediante la implementación en alguna institución hospitalaria que brinde el servicio de hemodiálisis. Además, podría seguir trabajándose en el diseño del protocolo que a futuro podría implementarse como un estándar de calidad.



## **11. CONCLUSIONES.**

- Se diseñó un protocolo de mantenimiento preventivo que abarca una rutina completa de mantenimiento preventivo, lavado, desinfección y mantenimiento predictivo en todos los componentes del área de procesamiento de agua, preservando la seguridad del personal encargado.
- Se logró elaborar formatos de diligenciamiento para llevar un control de los mantenimientos, fallas, reparaciones, chequeos y pruebas de toda el área de procesamiento de agua, garantizando la calidad del producto y la salud del paciente.
- Mediante los resultados obtenidos se evidenció que el protocolo diseñado sería de gran utilidad en la eficacia y seguridad en los procesos de tratamiento de agua que se utiliza en hemodiálisis, en diferentes instituciones que realicen este procedimiento en unidades renales o unidades de cuidado intensivo. Mediante su aplicación se estandarizarían los procedimientos, se capacitaría al personal con una información centralizada y se garantizarían procesos de calidad en el tratamiento de agua.

## REFERENCIAS

- [1] International Society of Nephrology. 2021. *Global Kidney Health Atlas - International Society of Nephrology*. [online] Available at: <<https://www.theisn.org/initiatives/global-kidney-health-atlas/>> [Accessed 21 February 2021].
- [2] Gamarra, G. Epidemiología de la insuficiencia renal crónica. *Acta Médica Colombiana* [online]. 2013, 38(3), 116-117 ISSN: 0120-2448 Available at: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163128381005>> [Accessed 24 February 2021].
- [3] *Rev Med Hered*, 2003. Insuficiencia renal aguda. [online] (14), pp.36-43. Available at: <<http://www.scielo.org.pe/pdf/rmh/v14n1/v14n1tr1>> [Accessed 24 February 2021].
- [4] A. Killeen, "Riñones Serie de guías de formación", Abbott Laboratories. ADD-00061641, 2017. [Online]. Available: [https://www.corelaboratory.abbott/sal/learningGuide/ADD-00061641-ES-EU%20170096%20Kidney\\_Learning\\_Guide.pdf](https://www.corelaboratory.abbott/sal/learningGuide/ADD-00061641-ES-EU%20170096%20Kidney_Learning_Guide.pdf). [Accessed: 26- Feb- 2021].
- [5] J. Miyahira Arakaki, "Insuficiencia renal aguda", *Revista Médica Herediana*, no. 1, 2003. ISSN 1018-130X.
- [6] G. Arruda Costa and M. Gomes Pinheiro, "Quality of life of patients with chronic kidneydisease undergoing hemodialysis", *Enfermería Global*, no. 43, 2016. ISSN 1695-6141.
- [7] "¿CÓMO AFECTA AL CUERPO LA INSUFICIENCIA RENAL?", National Kidney Foundation, 2021. [Online]. Available: <https://www.kidney.org/node/26113>. [Accessed: 02- Mar- 2021].
- [8] Ministerio de salud, "INS: Enfermedad renal y lista de espera para trasplante de riñón van en aumento", Instituto nacional de salud, Bogotá, 2019.
- [9] T. Cesar, "Insuficiencia renal crónica", *Revista Médica Herediana*, no. 1, 2003. Available:[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=s1018130x2003000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=s1018130x2003000100001&script=sci_arttext). [Accessed: 04- Mar- 2021]. ISSN 1729-214X
- [10] C. Buitrago V, *Nefrología Básica 2*, 1st ed. DIALISIS PERITONEAL, 2021, pp. 243-257.
- [11] V. LORENZO SELLARÉS and J. LÓPEZ GÓMEZ, "Principios Físicos en Hemodiálisis", *Nefrología al día*, 2019.
- [12] Ward RA. Do clinical outcomes in chronic hemodialysis depend on the choice of a dialyzer? *Semin Dial*. 2011 Jan-Feb;24(1):65-71. doi: 10.1111/j.1525-139X.2010.00807x. PMID: 21323999. [Accessed: 04- Mar- 2021].
- [13] "HEMODIÁLISIS: Lo que necesita saber", *Kidney.org*, 2021. [Online]. Available: [https://www.kidney.org/sites/default/files/11\\_50-0214%20-%20Hemodialysis%20-%20What%20You%20Need%20To%20Know.pdf](https://www.kidney.org/sites/default/files/11_50-0214%20-%20Hemodialysis%20-%20What%20You%20Need%20To%20Know.pdf). [Accessed: 07- Mar- 2021].
- [14] Dalcame.com. 2021. *ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN DEL PRINCIPIO Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE DIÁLISIS*. [online] Available at: <<http://www.dalcame.com/wdescarga/dialisis.pdf>> [Accessed 16 March 2021].
- [15] POLASCHEGG, H. and LEVIN, N., 2004. *Replacement of Renal Function by Dialysis*. 5th ed. Kluwer Academic Publishers, pp.325-449. doi:10.1007/978- 1-4020-2275-3\_14.
- [16] TONG, M., WANG, W., KWAN, T., CHAN, L. and AU, T., 2001. Water treatment for hemodialysis. *Hong Kong J Nephrol* 2001;3(1):7-1, [online] (3(1), pp.7-14. Available at: <<https://core.ac.uk/download/pdf/82051844.pdf>> [Accessed 16 March 2021].
- [17] Mora Rodríguez, S., 2019. Diseño de una planta de tratamiento de agua automatizada portable mediante el método de ósmosis inversa para optimizar el

- funcionamiento de las máquinas de hemodiálisis. Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería – ECBTI. [online] Corozal: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, pp.47-59. Available at: <<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34614/smoraro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [Accessed 16 March 2021].
- [18] Jones, D., Tobin, B., Harlow, G. and Ralston, A., 1970. Bacteriological studies of the modified Kiil dialyser. *Br Med J.*, [online] (3(5715)), pp.135-7. Available at: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5431083/>> [Accessed 16 March 2021]. doi: 10.1136/bmj.3.5715.135. PMID: 5431083; PMCID: PMC1702287.
- [19] Rivera, S., Godorcci, S., Borgel, L., Diaz O., E., Fuchs W., T. and Martin P., M., 1993. Flúor: potenciales efectos adversos. *Rev. Chll. Pediatr.*, [online] (64 (4)), pp.278-283. Available at: <<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcp/v64n4/art07.pdf>> [Accessed 23 March 2021].
- [20] Herranz, M. and Clerigué, N., 2003. Intoxicación en niños. Metahemoglobinemia. *Anales Sis San Navarra*, [online] (vol.26, supl.1), pp.209-223. Available at: <[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1137-66272003000200013](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1137-66272003000200013)> [Accessed 23 March 2021]. ISSN 1137-6627.
- [21] Association for the Advancement of Medical Instrumentation, 2009. Water treatment equipment for hemodialysis applications. (ANSI/AAMI RD62), American National Standards Institute, Inc.
- [22] W. Weber and J. Borchardt, Physicochemical processes for water quality control, 1st ed. New York N.Y: Wiley-Interscience, 1972.
- [23] "¿Qué es la ósmosis Inversa? - BossTech", BossTech, 2021. [Online]. Available: <https://bosstech.pe/que-es-la-osmosis-inversa/>. [Accessed: 02- Apr- 2021].
- [24] B. Medical S.A., "Ácido Cítrico 50%", Braun sharing expertise, 2021. [Online]. Available: <https://www.bbraun.es/es/products/b/acido-citrico-50.html#:~:text=Concentrado%20altamente%20eficiente%20para%20limpieza,descalcificaci%C3%B3n%20de%20monitores%20de%20hemodi%C3%A1lisis&text=Concentrado%20%20ADquido%20para%20desinfecci%C3%B3n%20citro,descalcificaci%C3%B3n%20de%20monitores%20de%20hemodi%C3%A1lisis>. [Accessed: 02- Apr- 2021].
- [25] L. Soto Fernández, H. Hidalgo Moreno and A. López Miravalles, "Funciones del personal técnico en cuidados auxiliares de enfermería en la limpieza, desinfección y desincrustación de los monitores en hemodiálisis", *Nursing* (Ed. española), no. 3, pp. 64-66, 2010.
- [26] "LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN EN LAS SALAS DE EXTRACCIÓN DE MIEL", MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS Y PRODUCCIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, Buenos aires, 2021.
- [27] UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE, "DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE OSMOSIS INVERSA PARA LA EMPRESA DOBER OSMOTECH DE COLOMBIA LTDA.", Santiago de Cali, 2011.
- [28] "PERÓXIDO de HIDRÓGENO 50%", Cdn.website-editor.net, 2021. [Online]. Available: <https://cdn.website-editor.net/bd34ce7b15c74c41b343bd3624bc84d1/files/uploaded/FICHA%2520TECNICA%2520Miprox%2520%255BPEROXIDO%2520DE%2520HIDROGENO%252050%2525%255D.pdf>. [Accessed: 10- Apr- 2021].
- [29] "PEROXIDO DE HIDROGENO 35% a 50% , SOLUCION ACUOSA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD (HDS)", Peroxidos.com.br, 2016. [Online]. Available: <https://www.peroxidos.com.br/en/binaries/MSDS-HydrogenPeroxide35a50-ES-CH-202811.pdf>. [Accessed: 13- Apr- 2021].
- [30] K. Yatsuzuka, Y. Higashiyama and K. Asano, "Electrification of polymer surface caused by sliding ultrapure water," in *IEEE Transactions on Industry*

- Applications, vol. 32, no. 4, pp. 825-831, July-Aug. 1996, doi: 10.1109/28.511638.
- [31]M. Reyes, "Hemodiálisis y terapias continuas", Gaceta Médica de México 144 (6), 2008.
- [32]R. Pérez-García, C. Solozábal Campos, P. Sobrino Pérez and E. de la Cueva Matute, "Guía de gestión de calidad del líquido de diálisis (LD)", Revista de la Sociedad Española de Nefrología, no. 2, 2015.
- [33]D. Vichek, Quality Assurance Guidelines for Hemodialysis Devices, 1st ed. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES: Food and Drug Administration, 1991.



**Anexo 2.** Formato de servicio técnico en caso de falla. Elaborado por el autor.

<b>Logo de la institución</b>	<b>Nombre de la institución</b>		
	FORMATO DE SERVICIO TÉCNICO		
Fecha identificación de falla:		Fecha servicio prestado:	
Hora identificación de falla:		Hora reparación:	
Equipo o dispositivo:		Modelo y/o marca:	
Falla detectada:			
Plan de acción:			
Repuestos utilizados:			
Observaciones:			
Firma:		Firma:	
Persona encargada del área:		Persona encargada de reparación:	

**Anexo 3.** Formato de mantenimiento preventivo, limpieza y desinfección. Elaborado por el autor.

<b>Logo de la institución</b>	<b>Nombre de la institución</b>
	FORMATO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

Proceso a realizar:	Mantenimiento preventivo	Limpieza	Desinfección
Fecha del proceso:	Fecha próximo proceso:		
Hora de inicio:	Hora de finalización		
Equipo o dispositivo:	Marca y/o modelo:		
Descripción de actividades:			
Observaciones:			

Firma:		Firma:	
Persona encargada del área:		Persona encargada del proceso:	

**Anexo 4.** Formato de mantenimiento en infraestructura. Elaborado por el autor.

<b>Logo de la institución</b>	<b>Nombre de la institución</b>		
	FORMATO DE MANTENIMIENTO EN INFRAESTRUCTURA		
Fecha:		Hora:	
Descripción y lugar de la falla:			
Detalles de reparación realizada:			
Observaciones:			
Firma:		Firma:	
Persona encargada del área:		Persona encargada de reparación:	



**Anexo 5.** Formato de reporte de pruebas microbiológicas. Elaborado por el autor.

<b>Logo de la institución</b>	<b>Nombre de la institución</b>
	FORMATO DE PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

Fecha de envío de pruebas:		Fecha recibido resultados:	
A cuántos puntos de muestra de agua les realizó la prueba?			
Puntos de muestra de agua a los que se realizó la prueba:			
Resultados de la prueba:			
Próxima fecha para prueba:			
Observaciones:			

Firma:		Firma:	
Persona encargada del área:		Persona encargada de reparación:	

**Anexo 6.** Formato de monitoreo diario. Elaborado por el autor.

<b>Logo de la institución</b>	<b>Nombre de la institución</b>			
	FORMATO DE CHEQUEO DIARIO			

Fechas:DD/MM/AA				
<b>Parámetros a medir</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>
Presión filtro monomedia (psi)				
Presión filtro carbón (psi)				
Presión filtro suavizador (psi)				
Temperatura (°C)				
TDS agua producto (ppm)				
TDS agua de alimentación (ppm)				
% agua de rechazo				
Cloro libre (mg/L)				
Cloro total (mg/L)				
Conductividad (µS/cm)				
Dureza				
pH				

Firma: \_\_\_\_\_  
 No

## Anexo 7. Encuesta realizada.

### Área de procesamiento de agua utilizada en máquinas de hemodiálisis

Su participación en esta investigación académica es completamente voluntaria, usted puede o no elegir participar. En términos generales la información entregada en esta encuesta es de carácter anónimo solo con fines académicos.

Responda cada una de la preguntas de acuerdo a la unidad renal de su institución. Si su institución no cuenta con área de procesamiento de agua para hemodiálisis de igual manera conteste las preguntas según corresponda.

\*Obligatorio

Las máquinas de hemodiálisis funcionan principalmente con agua, por ello deben ir conectadas a un suministro de agua tratada o bien traer en un contenedor el agua que utilizarán. En el centro médico donde usted labora, la diálisis se realiza con agua 100% tratada? \*

- Sí
- No

Para el agua utilizada en las máquinas de hemodiálisis se necesitan pruebas microbiológicas, tanto en el lugar donde se almacena el agua, el lugar donde se procesa el agua, y el agua que llega directamente a las máquinas. ¿Con qué frecuencia realizan estas pruebas? \*

- Cada dos meses
- Cada 3 o 4 meses
- Cada 6 meses
- Cada año
- No se realizan, o el agua ya viene con la máquina de hemodiálisis

En caso de tener una alberca para almacenamiento de agua antes de ser procesada, ¿esta alberca con qué frecuencia se lava? \*

- Cada dos meses
- Cada 3 o 4 meses
- Cada 6 meses
- Cada año
- No se lava o no se tiene alberca

Para los centros con área de procesamiento de agua, diariamente se debe hacer seguimiento de las presiones en los filtros de pretratamiento, temperatura del agua producto de salida, y agua de producto, rechazo y recirculación en ósmosis inversa. Con qué frecuencia se hace este chequeo? \*

- Diariamente
- 2-3 días
- Semanalmente
- Nunca
- Las instalaciones no cuentan con área de procesamiento de agua

En la etapa de pretratamiento con filtros de sedimentos, retenedores de partículas, suavizador y lecho de carbón, ya sea en un área de preprocesamiento o en una mini-planta portable, seleccione qué tipo de pruebas se les hace al agua procesada en esta etapa. Puede seleccionar varias opciones. \*

- Medición de cloro libre
- Medición de cloro total
- Prueba de dureza
- Medición de conductividad en el agua
- Ninguna de las anteriores

En la etapa de pretratamiento con filtros de sedimentos, retenedores de partículas, suavizador y lecho de carbón, ya sea en un área de preprocesamiento o en una mini-planta portable, con qué frecuencia se le hace retrolavado a los filtros? \*

- Todos los días
- Día por medio
- Cada dos o tres días
- Semanalmente
- Una vez al mes
- Nunca
- Las instalaciones no cuentan con área de procesamiento de agua

Después del pretratamiento siguen fases para pulir la calidad del agua, muchas veces en una máquina de ósmosis inversa, cada cuanto se le hace la desinfección y limpieza? \*

- Cada tres meses
- Cada 6 meses
- Cada año
- Nunca
- No hay ósmosis inversa o las instalaciones no cuentan con área de procesamiento de agua

Luego de toda la etapa de procesamiento del agua, normalmente se tiene un tanque de almacenamiento del agua producto, antes de distribuirla al anillo que lleva el agua a las máquinas de hemodiálisis. Este tanque debe lavarse y desinfectarse con peróxido de hidrógeno al 50%. ¿Cada cuanto se realiza este procedimiento? \*

- Cada semana
- Cada 15 días
- Cada mes
- Cada 6 meses
- Cada año
- Nunca se lava
- Las instalaciones no cuentan con área de procesamiento de agua o no tienen tanque

**Enviar**

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios