

HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MIGUEL A.
MARISCAL LLERENA

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA - HEMODIÁLISIS



AYACUCHO – 2022

HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

EQUIPO DIRECTIVO

DIRECCIÓN EJECUTIVA

Dr. Mario Octavio Pérez Velarde

JEFE DE LA UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

Ing. Otto M. LLacza Altamirano.

JEFE DEL SERVICIO DE NEFROLOGÍA

Dr. Roberto Negreiros Ordoñez

JEFA DEL SERVICIO DE ENFERMERÍA EN NEFROLOGÍA

Lic. Marlene Báez Quispe

EQUIPO DE TRABAJO

Tec. Elect. Roberto Ventura Huertas

Tec. Elect. Edward Alcides Soto Tinco

Tec. Elect. Klinsmann Huamancusi Cuba

Tec. Elect. Jeanpiere Cairampoma Pecho



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

ÍNDICE

II.	INTRODUCCIÓN	4
III.	OBJETIVOS	6
IV.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	6
V.	PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA HEMODIÁLISIS.....	16
	- ETAPA: ALIMENTADOR PRINCIPAL DE AGUA DURA.....	16
	- ETAPA: PRETRATAMIENTO O PREFILTRAJE DEL AGUA.....	17
	- ETAPA: TRATAMIENTO DEL AGUA.....	22
	- ETAPA: ALMACENAMIENTO DEL AGUA OSMOTIZADA.....	26
	- ETAPA: POST-TRATAMIENTO DE AGUA OSMOTIZADA.....	26
VI.	TEMAS COMPLEMENTARIOS RELACIONADOS AL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA HEMODIÁLISIS.....	34
	- CONTROL MICROBIOLÓGICO Y SANITIZACIÓN.....	34
VII.	PREGUNTAS MAS FRECUENTES RELACIONADOS A SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POR ÓSMOSIS INVERSA.....	41
VIII.	PUREZA Y CALIDAD DEL AGUA PARA HEMODIÁLISIS.....	44
	- ANEXO I - ESPECIFICACIONES GENERALES DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ÓSMOSIS INVERSA.....	48
	- ANEXO II – CONTROL DE CONTAMINANTES QUÍMICOS.....	49
	- ANEXO III- PROTOCOLO DE PRUEBAS REFERENCIAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA HEMODIÁLISIS.....	52
	- ANEXO IV - FORMATOS DE CONTROL DIARIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	59
IX.	REFERENCIAS.....	61



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

I. INTRODUCCIÓN

La *hemodiálisis* es un tratamiento de sustitución de la función renal que intenta hacer las funciones de limpieza de la sangre mediante una máquina y un filtro (riñón *artificial*).

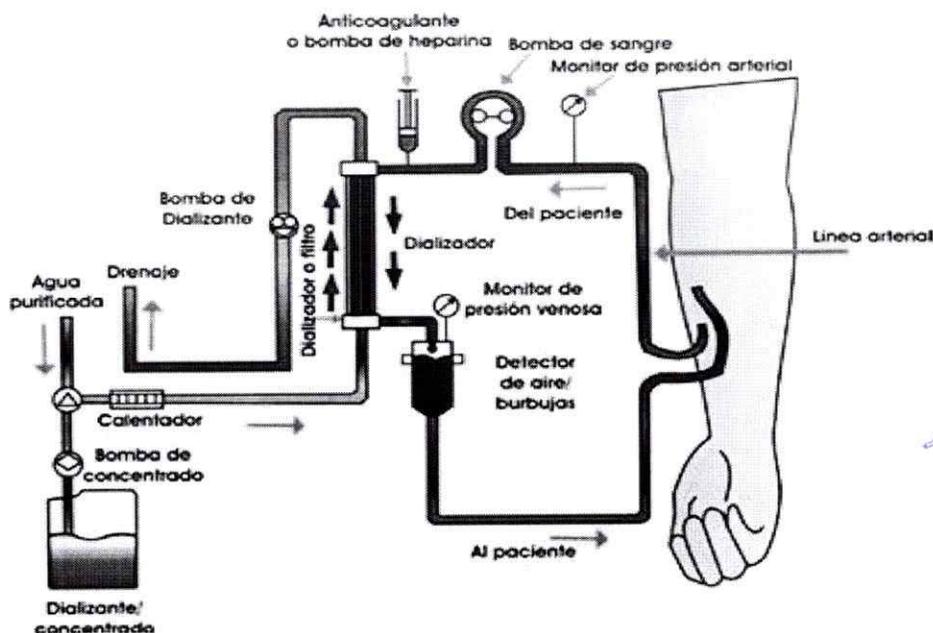
Básicamente, consiste en pasar la sangre del paciente a través de un circuito hasta un filtro que la limpia de las sustancias nocivas que el riñón no puede eliminar (urea, creatinina, potasio, etc.) y devolverla al paciente ya **limpia**. También se puede hacer que la máquina **exprima** la sangre y sacar así el exceso de líquido que el cuerpo va acumulando y que no puede orinar.

La sangre se “extrae” del paciente mediante una aguja que se pincha en una vena que se prepara para que pueda sacarse un gran caudal de sangre (la fístula arteriovenosa), y a través de unos tubitos (“vías”) llega hasta la máquina que la aspira gracias a una bomba. Sigue hasta un *filtro* que es la parte principal del sistema. Aquí la sangre se pone en contacto con un líquido que la máquina prepara (“**líquido de diálisis**”) con una composición determinada para que, al mezclarse con la sangre, ésta elimine las sustancias nocivas que lleva y capture las buenas.

El *Dializador o filtro*, es un recipiente de plástico que contiene una membrana semipermeable, que es la que realmente hace la “limpieza” de la sangre. La membrana semipermeable es una membrana que deja pasar a su través algunas sustancias y otras no. Dentro del *filtro* se ponen en contacto la sangre del paciente y el líquido de diálisis, a un lado y otro de la membrana. Desde la sangre pasarán las sustancias tóxicas hacia el líquido de diálisis (y que luego se eliminan) y desde éste pasarán las sustancias beneficiosas a la sangre.

Finalmente, una vez ha pasado por el filtro, la sangre es devuelta al paciente a través de otra aguja (“*retorno*”) que se pincha cerca de la toma. Todo esto se realiza de forma continua, saliendo y entrando sangre del paciente a la vez. El tratamiento suele aplicarse tres o cuatro veces por semana, y una sesión de hemodiálisis suele durar entre tres y cuatro horas. Las máquinas de hemodiálisis tienen una serie de mecanismos de alarma que sirven para evitar cualquier complicación importante durante la hemodiálisis.

Circuito de Hemodiálisis en el paciente





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

El *líquido de diálisis* es una solución formada por una mezcla de *agua y concentrado de diálisis*, puesta en contacto con la sangre del paciente a través de la membrana semipermeable del dializador durante la sesión de hemodiálisis. Este líquido permite el intercambio de sustancias, fundamentalmente solutos, con la sangre de forma bidireccional.

El líquido de diálisis es una solución electrolítica preparada por la máquina de hemodiálisis a partir de agua purificada y solutos proporcionados en forma de concentrados electrolíticos o sales no disueltas.

La calidad y pureza del líquido de diálisis son los principales requisitos de la técnica de hemodiálisis, ya que la presencia de contaminantes en el líquido de diálisis expone al paciente aun riesgo de acumular sustancias tóxicas, dando lugar a complicaciones tanto agudas como crónicas, es por tanto necesario, en primera instancia minimizar el riesgo de contaminación química y microbiológica del agua purificada en la Planta de Tratamiento de Agua.

Por definición, el agua debería ser un líquido incoloro, inodoro e insípido, formado exclusivamente por hidrógeno y oxígeno; sin embargo, en realidad contiene contaminantes que hacen que sea necesario su tratamiento antes de utilizarlo para preparar el líquido de diálisis. Al principio, se trataba de prevenir el *síndrome de agua dura* y las *complicaciones bacterianas*. Posteriormente, hubo que enfrentarse a contaminantes difíciles de eliminar; es el caso de metales como el **Aluminio**, cuya intoxicación produce *encefalopatía y osteomalacia*, o de las **cloraminas**, que pueden provocar auténticas epidemias de anemización por *Hemólisis*. En la década pasada, la mayor preocupación se ha centrado en las complicaciones con repercusión a mediano y largo plazo, adquiriendo importancia el tema de las **endotoxinas**, responsables no sólo de las llamadas reacciones a pirógenos, sino también del desarrollo de un estado inflamatorio crónico que repercute, a la larga, en diversos aspectos clínicos de nuestros enfermos.

El agua tratada con la que se fabricará el líquido *de Diálisis*, se produce en la misma Unidad **de Hemodiálisis**, está bajo la responsabilidad del personal asistencial y técnico de la institución, por lo que este "*Manual de Procedimientos Técnicos de Mantenimiento Preventivo para Plantas de Tratamiento de agua por Ósmosis inversa para Hemodiálisis*" tiene como objetivo conseguir en nuestra Unidad de **Hemodiálisis** un agua lo más pura posible y al menor costo, lo que va a implicar el mayor rendimiento de todos sus elementos, especialmente aquellos de costo inicial elevado.

El "**Manual de Procedimientos Técnicos de mantenimiento Preventivo de Plantas de tratamiento de agua por Ósmosis Inversa para Hemodiálisis**" cuenta adicionalmente con información complementaria relativa al *control microbiológico, sanitización, contaminación bacteriana y endotoxinas*, entre otros, que a modo de material de consulta, servirá de gran ayuda para la comprensión de la importancia del adecuado y oportuno mantenimiento de los *sistemas de pre-tratamiento, tratamiento, almacenamiento, post-tratamiento y distribución* del agua para hemodiálisis.

En consecuencia, el personal técnico de la Institución encontrará en el presente "*Manual de Procedimientos técnicos de mantenimiento Preventivo de Plantas de tratamiento de agua por Ósmosis inversa para Hemodiálisis*" una herramienta fundamental para lograr enfrentar con éxito la problemática y exigencias actuales, que sin duda beneficiará a todos los pacientes que hacen uso de las *Unidades de Hemodiálisis del Hospital Regional de Ayacucho*.

Finalmente, en los Anexos del presente manual se incluye el "*Reporte de Control diario de Plantas de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa*" cuyo uso será obligatorio a partir de recepcionada la presente. Asimismo, se está incluyendo el formato "*Protocolo de Pruebas*





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Referencial de una Planta de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa para Hemodiálisis", cuyo uso será obligatorio posteriormente al mantenimiento general de la Planta de Tratamiento de Agua o para verificar el estado de funcionamiento de la planta en general. Este formato deberá ser adecuado a la configuración propia de la Planta.

II. OBJETIVOS

- 1.- Conseguir en la Planta de Tratamiento de Agua del Hospital Regional de Ayacucho una calidad de agua lo más pura posible y al menor costo, lo que va a implicar el mayor rendimiento de todos sus elementos y una mejor atención a los pacientes de la Institución.
- 2.- Facilitar al *Área de Mantenimiento* la información técnica más reciente, de carácter complementario al mantenimiento preventivo de las Plantas de Tratamiento de Agua, a efectos de lograr un buen grado de entendimiento acerca de la correlación que existe entre la aplicación de un buen programa de mantenimiento preventivo con la calidad química y bacteriológica del agua.

III. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

1. ABLANDADOR DE AGUA:

El ablandador de agua tiene la función de eliminar los iones indeseables de calcio y magnesio, entre otros causantes de la dureza del agua.

La eliminación de la dureza es vital en todo sistema de tratamiento de agua, ya que se da antes de un sistema de osmosis inversa o de cualquier otro sistema que requiera agua blanda. Los ablandadores utilizan resinas catiónicas fuertes de alta capacidad de intercambio iónico, son de fácil regeneración y utilizan sal industrial (NaCl) como regenerante.

2. ACETATO DE CELULOSA:

Es un polímero sintético derivado de celulosa producido naturalmente y es ampliamente usado en la fabricación de membranas. Los polímeros utilizados para la fabricación membranas pueden ser de *diacetato*, *triacetato* o una mezcla de estos materiales.

3. ADSORCIÓN:

Es la penetración de una molécula de gas o líquido a un sólido mediante fuerzas físicas no especificadas. Por ejemplo, la remoción de Cloro libre y Cloraminas por el Carbón Activado es realizada mediante el mecanismo de **adsorción**.

4. AGUA DE RECHAZO O "CONCENTRADO":

Es el agua que no ha pasado a través de las membranas de ósmosis y que lleva la práctica totalidad de las sales y de los contaminantes

5. AGUA PRE TRATADA:

Es el agua sometida a todos los procesos previos a su llegada al equipo de ósmosis o





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

tratamiento.

6. AGUA PURIFICADA:

Es el agua destinada a la preparación del líquido de diálisis, que no debe ser necesariamente estéril y exenta de pirógenos.

7. AAMI - Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica:

Recomienda estándares para procedimientos médicos en los Estados Unidos de América.

8. ALCALINIDAD:

Es una medida de la cantidad de sustancias químicas presentes en el agua las cuales pueden neutralizar ácidos. Estas incluyen el Dióxido de Carbono, Bicarbonato, Carbonatos e Hidróxidos.

9. ANEMIA HEMOLITICA:

Es un tipo de anemia resultante de la destrucción de los glóbulos rojos.

10. ANION:

Es un ion cargado negativamente.

11. BACTERIA:

Son microorganismos unicelulares capaces de auto-reproducirse. Pueden ser divididos en dos grandes categorías:

- Aeróbicos (que requieren de oxígeno)
- Anaeróbicos (no requieren oxígeno).

Las bacterias pueden vivir en un amplio rango de hábitats. Algunas, por ejemplo, las pseudomonas, pueden desarrollarse en ambientes con un bajo nivel de nutrientes. Estas bacterias son frecuentemente productoras de lodos y constituyen uno de los mayores problemas en los sistemas de tratamiento de agua. Otro tipo de bacterias, las que se adhieren a las superficies, secretan un material gelatinoso el cual sirve para proteger a las bacterias del ataque de los desinfectantes químicos.

Esta combinación de bacterias y sus capas protectoras es algunas veces conocido como **BIOFILM** (Biopelícula). La concentración de bacterias en el agua está dada comúnmente en términos de *Unidades Formadoras de Colonias* (UFC) por mililitro. Una *Unidad Formadora de Colonia* es una bacteria posiblemente capaz de formar una colonia completa cuando se incuba en un ambiente determinado.

12. BIOFILM:

Colonias de bacterias asentadas sobre las superficies de los circuitos hidráulicos, protegidas por un ecosistema de precipitados minerales y un matriz polisacárida mucosa extracelular, que se reproducen y generan en lugares de estancamiento. Su presencia se asocia a fuerte contaminación bacteriana > 1,000 UFC/ml. Es fuente activa de endotoxinas y otros derivados bacterianos biológicamente activos. Es resistente a la mayoría de los desinfectantes.

13. CATION:

Es un ion cargado positivamente.





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

14. CLORAMINAS:

Son químicos usados para desinfectar el agua de servicios públicos. Se forman por la reacción de amoníaco y cloro libre y podría producirse naturalmente cuando el cloro libre se combina con el amoníaco producido por la muerte de los vegetales. Las cloraminas son oxidantes fuertes y son altamente tóxicos en aplicaciones de hemodiálisis. Las cloraminas no pueden combinarse con otras sustancias químicas, pero comparado con el Cloro, a ellas les toma un mayor tiempo de contacto con el carbón a efectos de ser absorbidos. Por ello, desde la iniciación del uso de Cloraminas, han existido mayores reportes de incidentes en Hemodiálisis y pacientes relacionados con síntomas atribuidos a la exposición a las cloraminas. A pesar de ello el Cloro también es peligroso.

15. CLORO:

Químico utilizado para desinfectar agua de servicios públicos. Sin embargo, existen ciertos inconvenientes. Por ejemplo: el Cloro puede combinarse con otros químicos orgánicos para formar trihalometano, un cancerígeno. Por esta razón, las cloraminas, un compuesto de cloro que no puede combinarse con otros químicos, se ha convertido en el mayor desinfectante de agua para consumo humano en los últimos 17 años. A pesar de ello, el Cloro comparado con las cloraminas, toma menor tiempo para ser absorbido por el filtro de Carbón Activado.

16. CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

Material termoplástico producido por la polimerización del cloruro de vinilo. El PVC es el material más comúnmente usado en las tuberías para aplicaciones de hemodiálisis.

17. COAGULACION:

Es una práctica común en el tratamiento de agua de servicios públicos, mediante la cual un producto químico (coagulante), más comúnmente Aluminio, es adicionado al agua para desestabilizar las partículas coloidales por neutralización de sus cargas eléctricas. La coagulación es usada, junto a la floculación, como un proceso para remover los coloides.

18. COAGULANTE:

Es un producto químico que hace que las partículas coloidales dispersas se desestabilicen y por esta razón, ayudan a su remoción durante el tratamiento de agua de servicios públicos. El Aluminio y las sales de Hierro se usan comúnmente para este propósito.

19. COLOIDE:

Son partículas no disueltas y suspendidas de tamaño submicrónico, se hallan bien dispersas en una solución y que no se asentarán permanentemente.

20. COMPACTACION:

Compresión física no deseable de una membrana de Osmosis Inversa o de Ultrafiltración, lo cual resulta en reducidas tasas de flujo. Este fenómeno es acelerado a temperaturas y presiones más elevadas.

21. CONDUCTIVIDAD:





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

La habilidad de una solución acuosa de transportar corriente eléctrica depende de la presencia de iones en la solución. La conductividad es una medida cuantitativa la cual describe esta habilidad.

Las soluciones de iones inorgánicos son relativamente buenos conductores (exhibiendo una alta conductividad), mientras que soluciones de moléculas orgánicas son preferentemente pobres conductores (exhibiendo una baja conductividad). El agua altamente purificada es también un pobre conductor. La conductividad se expresa en unidades Siemens/cm (también conocido como mhos/cm). Las mediciones de conductividad se encuentran frecuentemente en el monitoreo de la performance de equipos de osmosis inversa. La conductividad depende de la temperatura y tiene que ser medida con un conductímetro con compensación por temperatura. La temperatura usual de referencia es 25°C.

22. CUERPO DE HEINZ:

Es una inclusión pequeña y redonda dentro de los glóbulos rojos resultante del desprendimiento de hemoglobina, luego de daños producidos a estas células por sustancias oxidantes o tóxicas, tales como las Cloraminas.

23. DEMENCIA POR DIALISIS:

Es una severa encefalopatía frecuentemente fatal, la cual ha sido atribuida a la acumulación de Aluminio en el cerebro a partir del dializado preparado con agua inadecuadamente purificada y/o con aglutinantes de fosfatos conteniendo Aluminio.

24. DESINFECCION:

Desinfección es el proceso de matar microorganismos, usualmente por una variedad de agentes químicos, tal como Formaldehído e Hipoclorito de Sodio. La desinfección baja el número de microorganismos sin necesariamente matar a todos aquellos que se encuentren presentes. Aun cuando el aniquilamiento total de todos los organismos es virtualmente imposible, la esterilización reducirá el número de organismos a un seguro predeterminado nivel. La esterilización puede generalmente ser alcanzada por calor, irradiación de rayos Gamma, Óxido de Etileno y, en ciertos casos, filtración especial. De todos estos métodos, únicamente la filtración es apropiada para la esterilización de grandes cantidades de agua y ninguno es apropiado para la esterilización de equipos de tratamiento de agua usados en instalaciones de hemodiálisis. Sin embargo, recientemente han sido calificados como esterilizantes ciertos productos químicos que incorporan al **ácido paracético** como un ingrediente activo, pudiendo este agente ser el adecuado para la esterilización de ciertos componentes del sistema de tratamiento de agua.

25. DUREZA:

El término dureza es usado para describir la concentración total de calcio y magnesio, expresado como mg/L de carbonato de calcio. La dureza es calculada generalmente a partir de las concentraciones de calcio y magnesio, usando la siguiente relación:
Dureza (mg CaCO₃ / L) = 2.497 x Ca (mg/L) + 4.118 x Mg (mg/L)

26. ENCEFALOPATÍA:

Es una disfunción del cerebro (ver demencia por diálisis).



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

27. ENDOTOXINA:

Lipopolisacárido bacteria!, sustancia pirógena y biológicamente activa liberada de la pared celular externa bacteriana gram-negativa cuando su organismo muere. Se mide en Unidades de Endotoxina UE/ml o en Unidades Internacionales UI/ml, que actualmente son equivalentes.

28. ENSUCIAMIENTO (fouling):

Es la deposición de materiales insolubles, tales como bacterias, coloides, óxidos y restos transportados por el agua, sobre las superficies de las membranas de osmosis inversa o de ultrafiltración.

29. ESTERILIZACION:

Proceso físico o químico que reduce el número de organismos a un nivel predeterminado seguro.

La "desinfección" es un proceso de destrucción de microorganismos, que reduce su número, pero no los elimina. La "esterilización" reduce su número hasta un nivel seguro, dado que la eliminación total es virtualmente imposible.

30. EXOTOXINA:

Proteínas con capacidad pirogénica secretadas por los microorganismos.

31. FILTRO DE CARBON ACTIVADO:

Estos filtros contienen carbón activado granular usado para filtración y purificación del agua. Este carbón elimina Cloro, Cloraminas e impurezas de compuestos orgánicos disueltos, por medio de la adsorción de la estructura microporosa del carbón activado. El filtro está diseñado con capas múltiples de grava estratificada, inerte y lavada para darle mejor soporte al lecho filtrante, mejor filtraje y mejor distribución del flujo al retrolavado.

32. FILTRO MULTIMEDIA:

Filtro usado para remover partículas grandes (superiores a 10 micras) y también Hierro precipitado (en el estado óxido férrico). Tiene tres medios filtrantes que aseguran la filtración de partículas finas y gruesas. Este filtro está diseñado con una velocidad de filtración de 5 GPM/pie², para ser usado en las operaciones de pre-filtración para sistemas de Osmosis Inversa. El lecho superior es de **antracita** con partículas gruesas, el lecho intermedio es de arena fina (arena verde de manganeso) y el lecho inferior contiene **garnet**.

33. FLOCULACION:

Es una práctica común en plantas de tratamiento de agua de servicio público, mediante la cual las partículas coloidales desestabilizadas se reúnen para formar partículas más grandes (**flocs**), usualmente por agitación. Los **flocs** pueden ser removidos del agua por asentamiento o filtración. El proceso también podría incorporar la suma de componentes tales como polielectrolitos sintéticos los cuales aumentan el tamaño de los **flocs**, por esa razón se hace más fácil su remoción por asentamiento o filtración. La remoción de coloides por floculación es hecha en combinación con coagulación.

34. FLOCULANTE:

Es una sustancia usada en combinación con coagulantes, las cuales provocan que la materia





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

suspendida submicroscópica (coloides), se agreguen en partículas más grandes, las cuales pueden ser removidas por asentamiento o filtración.

35. FLUORUROS:

Son sales de ácido hidrófluórico que pueden producirse naturalmente en los suministros de agua o pueden ser adicionados en el agua para servicio público para la prevención de caries dental. Los fluoruros son considerados tóxicos en el tratamiento de hemodiálisis y han sido implicados en enfermedades de los huesos.

36. HEMOLISIS:

Es la destrucción de los glóbulos rojos con el subsecuente desprendimiento de la hemoglobina en el plasma sanguíneo.

37. INCRUSTAMIENTO (Scaling):

En referencia a equipos de osmosis inversa, incrustamiento es la precipitación de sales moderadamente solubles, tales como el Carbonato de Calcio, sobre la superficie de las membranas. El incrustamiento está asociado con la reducción del flujo y a reducidas tasas de rechazo del equipo de osmosis inversa.

38. INDICE DE SATURACION DE LANGELIER:

La precipitación de los carbonatos de calcio y magnesio en los sistemas de purificación de agua es una causa seria de fallas en el sistema. La insolubilidad de estos compuestos es una función compleja del pH del agua, del contenido de anhídrido carbónico disuelto, del contenido de carbonatos, de la presencia de otras sales y de la temperatura. El Índice de Saturación de Langelier es un método para predecir si se formarán depósitos de carbonatos bajo ciertas condiciones dadas.

El cálculo del Índice de Saturación de Langelier es complejo y normalmente no será realizado por el personal de la Unidad de Hemodiálisis. Los vendedores de equipos de Osmosis Inversa pueden utilizar el índice para la determinación de la máxima recuperación y rechazo de sales que pueden ser obtenidos de uno de estos sistemas, antes de que los depósitos de carbonatos reduzcan seriamente la calidad del agua y la recuperación. Debería notarse que la utilidad de tales determinaciones está limitada a aquellas situaciones en las cuales no se usa un ablandador como una parte de un esquema de pre-tratamiento para osmosis inversa.

39. INDICE DE DENSIDAD DE SEDIMENTOS (Silt Density Index):

Es una medida de la habilidad del agua para ensuciar una membrana o taponear un filtro.

40. LAVADO A CONTRACORRIENTE:

Proceso a que se somete un filtro multimedia consistente en introducir el agua por la parte inferior a un caudal ascendente para esponjar el lecho y permitir la eliminación de las partículas retenidas. Para el correcto lavado la velocidad del agua debe ser ligeramente superior a la velocidad de fluidificación para conseguir un esponjamiento del lecho en un 100% al menos.

41. LIMULUS AMEBOCYTE LYSATE (LAL):

Ensayo específico de detección de endotoxinas, basado en el lisado de amebocitos del



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA OSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

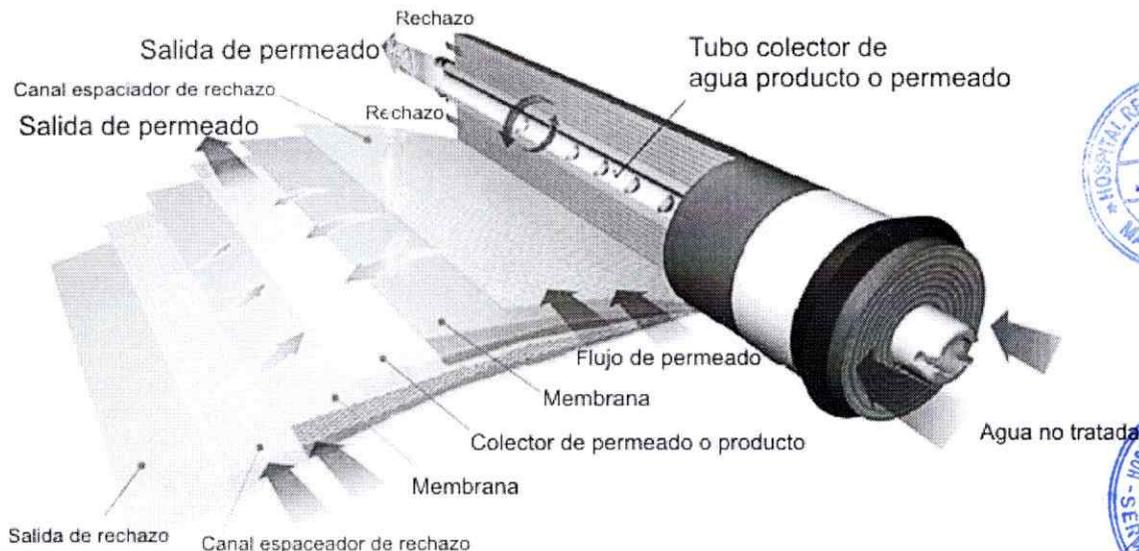
cangrejo *Limulus Polyphemus*, el cual forma un gel o coágulo en presencia de endotoxinas bacterianas.

42. MEMBRANA:

Las membranas son películas delgadas hechas con estructuras para proveer transporte selectivo de solutos. En general, la selectividad de una membrana está basada en su habilidad para pasar o excluir especies de acuerdo a su tamaño. La estructura de las membranas puede hacerse homogénea o asimétrica. Las membranas homogéneas tienen estructuras que son uniformes en sección transversal, al menos hasta una magnificación de 100X. La mayoría de membranas homogéneas ha sido desarrollada para microfiltración y hemodiálisis.

Las membranas reducen no solamente el flujo de solutos indeseables, sino también el flujo de solventes. Para minimizar la reducción en el flujo de solvente, se han desarrollado las membranas asimétricas. Estas membranas están hechas de secciones transversales asimétricas, esto es, consisten de dos capas paralelas. La resistencia al flujo de la "capa superficial" (skin /ayer), la cual da a la membrana la selectividad de filtración, es minimizada reduciendo su espesor. La reducción al flujo de la "capa gruesa de soporte", la cual proporciona fortaleza estructural, es minimizada debido a su estructura de poro abierta. Estas diferentes capas pueden ser hechas del mismo material, tal como en el caso de las membranas de acetato de celulosa asimétricas, o de diferentes materiales, tales como en las membranas TFC (Thin Film Composite).

Las membranas usadas en equipos de tratamiento de agua son fabricadas de dos formas, como láminas planas o como fibras huecas.



43. MICROPOROSO:

En el contexto de purificación de agua, membranas que tienen un tamaño de poro promedio entre 0.1 y 1.0 micrones de diámetro.

44. MICROFILTRO

Filtro que es capaz de eliminar partículas menores a 1 μm de diámetro (0,1 - 0,3 μm según la AAMI).



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

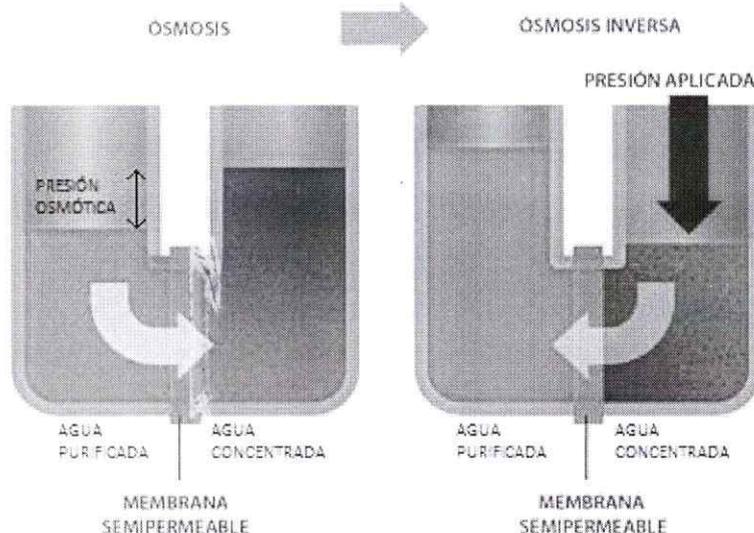
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

45. OSMOSIS INVERSA:

El proceso natural de Osmosis ocurre cuando soluciones con diferentes concentraciones de sales están separadas por una membrana semipermeable. Cuando la presión osmótica fuerza al agua a través de la membrana, el agua diluye la solución más concentrada hasta que se alcanza el equilibrio.

El proceso de Osmosis Inversa usa una presión externa para revertir el proceso de osmosis. El agua es forzada por esta presión externa a través de una membrana semi-permeable desde una solución más concentrada a otra menos concentrada. La membrana de Osmosis Inversa permite que pase el agua mientras que va reteniendo un gran porcentaje de inorgánicos disueltos, sustancias orgánicas, bacterias y pirógenos. El agua purificada recolectada se llama Agua Permeada o Agua Producto. Las membranas de Osmosis Inversa remueven el 99.0 % de las partículas del agua de alimentación, coloides, bacterias, pirógenos y sustancias orgánicas más grandes que 200 - 300 de peso molecular o partículas más grandes que un tamaño de poro de 150 a 200 Angstroms.



Proceso natural de Osmosis y proceso de Osmosis Inversa

46. OSTEODISTROFIA:

Es un desarrollo anormal de los huesos, los cuales, en pacientes renales, podría ser atribuido al mal funcionamiento de la glándula paratiroides y está caracterizado por elevado fósforo fosfato alcalino en el suero de la sangre, así como presencia de bajos niveles de calcio.

47. OSTEOMALACIA:

Ablandamiento de los huesos debido a la acumulación de **osteoides** y a la reducida mineralización, lo cual puede causar fracturas con mínimo esfuerzo.

48. OSTEOPOROSIS:

Desmineralización de los huesos, que pueden causar fracturas con un mínimo esfuerzo.

49. OXIDANTES (Agentes oxidantes):

Son químicos que proporcionan oxígeno y aceptan un electrón en una reacción oxidoreducción. El Cloro libre y las Cloraminas son oxidantes, los cuales son ampliamente usados





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

para desinfección.

50. PERMEADO:

Fluido que ha pasado a través de una membrana de ósmosis inversa.

51. PIROGENO

Sustancia que induce fiebre. Los pirógenos externos (endotoxinas/exotoxinas) inducen pirógenos internos, citoquinas, como IL-1 o TNF- α , que son mediadores en la inducción de fiebre e inflamación. Sustancias capaces de activar a las células mononucleares de la sangre.

52. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA HEMODIÁLISIS:

Está descrita en las regulaciones de la FDA, 21 CFR 876.5665(a) como un sistema planificado para su uso en Unidades de Hemodiálisis y está proyectado para remover sustancias orgánicas, inorgánicas y contaminantes microbianos del agua utilizada para diluir el concentrado de dializado para formar el líquido de diálisis.

Las plantas están diseñadas para remover metales (Por ejemplo: Aluminio, Cobre, Zinc, Magnesio), electrolitos (Calcio, Sodio, Flúor, Cloro y Sulfatos) así como bacterias y pirógenos del agua de alimentación.

Los potenciales efectos clínicos de un inadecuado uso o mal funcionamiento de la planta de tratamiento de agua incluye anemia, enfermedades de los huesos, hemólisis, acidosis metabólica, náusea, vómito, deterioro neurológico, reacciones pirogénicas e incluso la muerte. Debido a la gran variación en la calidad del agua de alimentación a nivel del territorio peruano, los requerimientos de purificación de agua de cada Centro asistencial pueden ser variables.

53. POLIAMIDA:

Es un polímero sintético de la familia del nylon usado en la fabricación de membranas de osmosis inversa y ultrafiltración.

54. REACCIONES PIROGENICAS:

Respuesta física a la presencia de endotoxinas en el torrente sanguíneo, el cual está caracterizado por fiebre y ocasionalmente, escalofríos y sacudidas de rigor.

55. RECHAZO: (Porcentaje de rechazo)

Es una medida de la habilidad de la membrana de osmosis reversa para remover sales. Expresado como un porcentaje, el rechazo es definido como:

$$\% \text{ Rechazo} = (1 - \text{Concentración agua producto} / \text{Concentración agua alimentación}) \times 100$$

56. RECUPERACION: (Porcentaje de recuperación).

Es una medida aplicada a equipos de osmosis inversa y ultrafiltración y caracteriza la relación entre los flujos del agua producto y del agua de alimentación. La medida es descriptiva del equipo de osmosis inversa o de ultrafiltración como un sistema y no como elementos de membranas individuales. Expresado como un porcentaje, la recuperación está definida como:

$$\% \text{ Recuperación} = (\text{Flujo de agua producto} / \text{flujo de agua de alimentación}) \times 100$$

57. SEMI-PERMEABLE:

Descriptivo de un material, tal como la membrana de osmosis inversa o de ultrafiltración, la





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

cual permite el pasaje de algunas moléculas y previene del pasaje de otras.

58. SISTEMA DE BOMBEO DE PRESION CONSTANTE Y VELOCIDAD VARIABLE

Este sistema está desarrollado con Bombeo con Velocidad Variable, que suministra agua a presión constante ante cualquier demanda de caudal. Esto se logra de manera óptima modificando la velocidad de las bombas a través de un control realimentado de la presión de salida.

Las bombas rotan en forma automática; la referencia de presión puede ser fácilmente modificada. En caso de falla, el equipo se auto diagnostica y puede ser operado en forma manual.

El tablero de control y comando, incorpora convertidores de frecuencia y controladores programables (PLC). La presión de salida es leída constantemente por un sensor de alta precisión y transmitida al sistema de control.

El sistema incorpora todas las protecciones y alarmas necesarias para un funcionamiento de alta confiabilidad. Adicionalmente, incluyen características de diagnóstico y protección integrada contra condiciones potencialmente nocivas:

- Sobrecarga.
- Circuito abierto.
- Baja carga.
- Cortocircuito.
- Bajo voltaje.
- Sobrecalentamiento en el controlador.
- Bomba bloqueada.



59. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS:

Es la suma de todos los contenidos de orgánicos, inorgánicos y de iones presentes en una solución (excluyendo todos los gases disueltos). El medidor de sólidos totales disueltos deriva su valor de las mediciones de resistividad y conductividad del agua producto.

60. TASA DE PASAJE DE SALES:

Es una medida del pasaje de sales a través de la membrana de osmosis inversa. El pasaje de sales está relacionado con el rechazo por:

$$\% \text{ pasaje de sales} = 100 - \% \text{ rechazo.}$$

61. ULTRAFILTRO:

Membrana del sistema de filtración en la cual el tamaño de los poros varía desde 0.001 a 0.1 micrones. Remueve partículas, sílica coloidal, microorganismos y pirógenos.

62. UNIDADES DE ENDOTOXINAS POR ML (UE/ml)

Unidades de endotoxinas tituladas mediante una prueba basada en la activación de un lisado de amebocitos Limulus (LAL). Las ET varían en su actividad según su composición, por lo que su actividad se refiere al estándar de E. Coli.

63. UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS:

Unidad de medida de bacterias viables. Refiere al número de colonias bacterianas que se han



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

desarrollado en un medio de cultivo sólido. Se expresan en UFC por mililitro de líquido.

64. ULTRAVIOLETA:

Radiación ultravioleta utilizada para eliminar microorganismos.

65. VENTEO:

Entrada y salida de aire que se produce cuando varía el volumen de un líquido almacenado en un recipiente rígido. Puede estar dotado de un filtro de 0,2 micras para que ese aire entre en las debidas condiciones.

66. VIRUS:

Es el más pequeño de los microorganismos infecciosos hecho de ADN o ARN dentro de una estructura proteínica y que se desarrolla únicamente dentro de otras células vivientes.

IV. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA HEMODIÁLISIS

ETAPA: ALIMENTADOR PRINCIPAL DE AGUA DURA

• LAS ELECTROBOMBAS DE AGUA DURA

Quienes funcionan en alternancia automática, deben ser inspeccionadas a diario. Debe monitorearse trimestralmente el amperaje consumido para estar alerta ante cualquier desviación de su valor nominal.

Cada tres meses debe verificarse la resistencia del bobinado del estator del motor eléctrico. Diariamente debe verificarse el número de arranques horarios y el posible funcionamiento ruidoso.

Cada tres años debe realizarse mantenimiento general: cambio de rodamientos, barnizado del bobinado del estator en caso necesario, cambio del sello mecánico y alineación del eje de la bomba, si el caso amerita.

• SISTEMA DE BOMBEO DE PRESION CONSTANTE Y VELOCIDAD VARIABLE

Los tableros Inteligentes actuales para el abastecimiento de agua de la planta de tratamiento de agua dejan atrás los problemas de baja presión y variaciones en la presión y temperatura del agua.

También desaparecen los problemas de quedarnos sin agua porque falle una bomba, y las variaciones de voltaje, sobrecalentamiento y desgaste que ocurren cada vez que arranca la bomba.

El tablero Inteligente proporciona presión constante todo el tiempo, sin importar cuánta agua se esté consumiendo.



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

El tablero Inteligente es de velocidad variable, y arranca suavemente la bomba, sin variaciones de voltaje, ni picos altos de corriente, evitando el sobrecalentamiento y desgaste excesivo de la misma.

Una bomba eléctrica al arrancar toma cuatro o cinco veces más corriente que lo normal, lo que produce variaciones de voltaje, sobrecalentamientos, desgaste y requiere de una instalación costosa. Con los actuales tableros Inteligentes estos problemas no existen, ya que la bomba arranca suavemente variando su velocidad gradualmente, operando a menor temperatura y consumiendo sólo la energía necesaria para la demanda de agua de ese momento. La instalación en general es más barata y la bomba dura mucho más.

Verificar semanalmente: el tablero inteligente, verificando que el ventilador no se encuentre bloqueado o inutilizado, o flujo de aire bloqueado. Reemplazar el ventilador o reubicar el control según sea necesario. Evitar los rayos solares directos sobre la unidad de control.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

- Si por alguna circunstancia, se considera que el agua del tanque cisterna estuvo estancada (en estado de reposo) por más de una semana, se considera que ésta ya no es apta para el uso humano, menos para hemodiálisis. Dicha agua debe desecharse dándole un uso alternativo, como regar jardines, lavar pisos, autos y mascotas, etc.
- Puede ocurrir un choque eléctrico, serio o fatal debido a una errónea conexión de un motor, del tablero eléctrico, de la tubería, de cualquier otra parte metálica que está cerca del motor, o por no utilizar un cable para tierra de calibre igual o mayor al de la alimentación.

Para reducir el riesgo de choque eléctrico desconectar la alimentación eléctrica antes de iniciar a trabajar en el sistema hidráulico.

ETAPA: PRETRATAMIENTO O PREFILTRAJE DEL AGUA

El Pre-Tratamiento debe conseguir la mayor eliminación posible de partículas, la desaparición de las Cloraminas y otra materia orgánica, y la disminución de la cantidad de cationes.

El Pre-Tratamiento representa una etapa de suma importancia para alcanzar un rendimiento óptimo del tratamiento y la adecuada conservación del Equipo de Osmosis Inversa.

EL FILTRO MULTIMEDIA:

- Es utilizado para remover partículas grandes (10 a 20 micras y más grandes), las cuales provocan la turbidez del agua de alimentación, tales como tierra, polvo, sedimentos y materia coloidal; estos elementos pueden obstruir los filtros de carbón activado, ablandadores, destruir la bomba del Equipo de Osmosis Inversa y obstruir sus membranas.
- Para valorar el momento del lavado del filtro se utiliza la diferencia de presión entre la salida y la entrada del filtro, el cual no debe ser superior a 0.5 - 1.0 Kg/cm². El filtro requiere ser lavado a contracorriente periódicamente.
- **La limpieza y lubricación del cabezal** de control electromecánico del filtro multimedia debe realizarse **mensualmente**.



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Las grandes superficies de los medios en estos filtros proporcionan un ambiente favorable para el crecimiento y multiplicación de las bacterias, especialmente si el agua de alimentación no contiene suficiente Cloro residual. Con un nivel de Cloro residual de 0.5 1.0 mg/L, los filtros multimedia no son típicamente fuente de problemas biológicos.

El material que se encuentra dentro del filtro deberla proporcionar agua filtrada durante años, siempre y cuando el sistema sea operado según los manuales del fabricante. Sin embargo, con el paso de los años el medio perderá gradualmente su capacidad para remover la turbiedad y eventualmente requerirá reemplazo. Para determinar la capacidad del medio es necesario realizar un muestreo y enviar la muestra a una empresa especializada para someterla a las pruebas correspondientes. **Se recomienda realizar estas pruebas cada dos años.**

EL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO:

Actúa sobre el Cloro mediante dos tipos de reacciones:

- a) La primera, es una reacción física, eliminando el Cloro por ADSORCION.
- b) La segunda, es una reacción química, actuando como CATALIZADOR.

La limpieza y lubricación del cabezal de control electromecánico del filtro de carbón activado debe realizarse **mensualmente**.

El carbón activado granular tiene su punto de saturación donde la capacidad de adsorción se detiene. Cuando esto sucede, el Cloro y las Cloraminas fluyen hacia la siguiente etapa del proceso. El carbón es un medio favorable para la proliferación de bacterias y podría provocar una excesiva carga biológica sobre las membranas de Osmosis Inversa; con el paso del tiempo las membranas de Osmosis Inversa pueden saturarse de bacterias y contaminar el lado del agua producto (permeado). Por lo cual, **el recambio del Carbón Activado se debe realizar cuando se detecte la presencia de Cloraminas en el agua tratada final (osmotizada)**.

Las normas de AAMI (1998, 2001) han establecido que el nivel máximo permisible de Cloro Total debe ser 0.5 mg/l y el de las Cloraminas 0.1 mg/l (5). Sin embargo, especialistas en nefrología (1) recomiendan que los niveles de Cloro Total deberían ser inferiores a 0.06 mg/l y los de las Cloraminas inferiores a 0.05 mg/l y no 0.1 mg/l como propone la AAMI

Además de los efectos nocivos en los pacientes, el Cloro y las Cloraminas no pueden ser removidos por el equipo de Osmosis Inversa y de hecho pueden dañar a las membranas del tipo THIN FILM. Por lo tanto, deben ser eliminados antes de ingresar a ese sistema.

Para evitar estas complicaciones es necesaria la eliminación completa de las Cloraminas a través del correcto funcionamiento, mantenimiento y renovación periódica del carbon activado.

Los Filtros de Carbón Activado comúnmente se contaminan y son muy conocidos como fuente de contaminación microbiana.

Los lechos de Carbón Activado deben ser sanitizados periódicamente utilizando una solución de Hidróxido de Sodio con un pH de 11 a 12, remojando por lo menos 4 horas o 24 horas como máximo. El enjuague del cáustico tomará un tiempo largo (7).

El material que se encuentra dentro del filtro de carbón activado deberla proporcionar agua filtrada durante años, siempre y cuando el sistema sea operado según los manuales del fabricante. Sin embargo, con el paso de los años el medio perderá gradualmente su capacidad para remover el Cloro o las partículas orgánicas en suspensión y eventualmente requerirá reemplazo (4). Para determinar la capacidad del medio es necesario realizar un muestreo y



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

enviar la muestra a una empresa especializada para someterla a las pruebas correspondientes. Se recomienda realizar estas pruebas cada seis meses o reemplazar el medio anualmente.

LOS ABLANDADORES DE AGUA:

Son aquellos que remueven los cationes presentes en el agua antes de ingresar al Equipo de Osmosis Inversa (Ca^{++} y Mg^{++}). El Cloruro de Sodio, formado como consecuencia del intercambio iónico entre el agua de alimentación con sales de calcio y magnesio y la resina catiónica, no forma depósitos de incrustaciones sobre las membranas de Osmosis Inversa. De esta forma los ablandadores deben colocarse antes del Equipo de Osmosis Inversa, para proteger o extender la vida de las membranas.

Se controlan midiendo diariamente la dureza del agua. Se recomienda que la dureza máxima alcanzada sea de 5 ppm (expresada como Carbonato de Calcio).

La regeneración de los ablandadores con solución saturada de NaCl debe ser automática en función de los resultados de dureza.

La limpieza y lubricación de los cabezales de control electromecánicos de los ablandadores debe realizarse mensualmente.

La limpieza de la válvula de Salmuera debe realizarse mensualmente.

La limpieza del Tanque de Salmuera debe realizarse mensualmente.

Para evaluar la reposición de la resina hay que tener presente que la mayoría de fabricantes garantizan, bajo condiciones normales de operación, que la pérdida de resina por desgaste durante los tres primeros años no deberá exceder del 3% anual.

La presencia en el agua tratada final (osmotizada) de Calcio y una elevada conductividad del agua es un indicativo del mal funcionamiento de los ablandadores.

Se debe hacer hincapié en el sentido de que la dureza del agua es muy perjudicial para los sensores internos de las máquinas de hemodiálisis, por lo tanto, el período de su vida útil también se verá reducido.

La importancia de mantener una performance adecuada de los ablandadores radica en que el agua que contiene calcio y magnesio forma depósitos de incrustaciones sobre las membranas de Osmosis Inversa y eventualmente lo obstruirán. Una vez que los depósitos minerales se consolidan sobre las membranas, el porcentaje de rechazo y la calidad del agua permeada, (medida en Sólidos Totales Disueltos, Conductividad), declinan. Las sales minerales pueden volverse permanentes y pueden disminuir la expectativa de vida de las membranas si es que no son sometidas periódicamente a limpieza. Se tiene conocimiento que algunas fuentes de agua pueden obstruir membranas de Osmosis Inversa apenas en horas, convirtiéndolas literalmente en piedra.

El material que se encuentra dentro de los ablandadores debería proporcionar agua ablandada durante años, siempre y cuando el sistema sea operado según los manuales del fabricante. Sin embargo, con el paso de los años la resina catiónica perderá gradualmente su capacidad para remover los minerales duros y eventualmente requerirá reemplazo. Para determinar la capacidad de la resina o solucionar cualquier problema relacionado a la resina, es necesario realizar un muestreo y enviar la muestra a una empresa especializada para someterla a las pruebas correspondientes (4). Se recomienda realizar estas pruebas anualmente o cambiar la resina cada dos o tres años (en caso que el Filtro de Carbón Activado se encuentre ubicado después de los Ablandadores).



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

RECOMENDACIONES ADICIONALES

- Para el Filtro Multimedia, el parámetro más importante de prueba es la presión diferencial (P/D), el cual es una medida de la caída de presión a través de un recipiente a flujo y presión de servicio normales. Un excesivo P/D a través del recipiente puede dañar el medio y los componentes mecánicos internos.

Para verificar la P/D se debe efectuar la lectura de la presión en las líneas de entrada y salida del equipo y efectuar una sustracción de dichos valores para hallar el valor de la P/D. Cuando la P/D se incrementa en 10 Psi en pleno servicio, es momento de retirar el filtro y efectuarle un retrolavado.

Para Filtros Multimedia, otro parámetro importante de prueba es la turbiedad, el cual es una medida de la cantidad de sólidos suspendidos en el agua. La carga de turbiedad afectará la cantidad de impurezas que pasan por el filtro. Un filtro multimedia removerá alrededor del 95% de la turbiedad de alimentación. Si la turbiedad del producto es más alta, el flujo y tiempo de retrolavado deben ser incrementados (4).

- Muchas fuentes de agua, a pesar de su claridad, transportan una gran cantidad de partículas en suspensión que podrían afectar adversamente la etapa de pre-tratamiento y la performance del Equipo de Osmosis Inversa. En este sentido, se recomienda realizar las pruebas del SIL T DENSITY INDEX (SDI) al agua de alimentación semestralmente, o cada vez que se sospecha sobre su turbidez. Estas pruebas miden y evalúan cuan rápidamente se taponea un tamiz para una determinada fuente de agua. La mayoría de fabricantes recomiendan que el SDI del agua de alimentación no exceda el valor de 5.0.

- **Para Filtros de Carbón Activado**, especializados en remociones de Cloro y partículas orgánicas, los efluentes e/orados u orgánicos deben ser probados para asegurarse de que el filtro se encuentra operando apropiadamente y que el carbón no se encuentra debilitado.

Es conveniente asegurarse de la remoción del Cloro y de las partículas orgánicas debido a que dañarán las membranas del equipo de ósmosis inversa y el intercambio iónico en las resinas.

- Debido a que la vida de la resina podría reducirse si se expone a niveles perjudiciales de Cloro o Cloraminas en el agua de alimentación, se recomienda colocar el ablandador después del tanque de carbón activado si los niveles de Cloro/Cloraminas así lo mandan. Los ablandadores pueden ser también instalados antes del tanque de carbón activado en el lado del agua con Cloro/Cloraminas para impedir el crecimiento bacteriano, disminuyendo la carga de bacterias sobre las membranas de Osmosis Inversa.

Sin embargo, en los últimos años se recomienda siempre instalar el filtro de carbón activado inmediatamente antes del equipo de ósmosis inversa, y lo más próximo a ésta, pues una vez que el agua está declarada puede correr serios riesgos de contaminación, sobre todo al paso de otros filtros donde se ralentiza su velocidad (12).

- El carbón, al no ser regenerable, debe ser cambiado con regularidad para evitar que pueda llegar a liberar sustancias adsorbidas por saturación, micropartículas de carbón que se han reducido por la fricción (12).
- Después del pre-tratamiento debe instalarse las membranas de ósmosis, interponiendo un filtro de al menos 5 ppm, que evite la posibilidad de que pequeñas partículas de





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

carbón pasen a la misma (12).

- Los filtros de carbón activado deben ser diseñados en cuanto a volumen de acuerdo con el nivel de cloración del agua. Colocar filtros de carbón en lugares donde no existe presencia de cloro y cloraminas es poco útil.

Deben contener un carbón adecuado tanto por su origen como por su activación. Se recomienda utilizar carbón activado con un mínimo número de yodo de 900. Deben descartarse, siempre que sea factible, los cartuchos de carbón recambiables y optar por filtros de carbón con lavado por contracorriente, debido a que el carbón no tiene regeneración posible, lo que va agotando su vida paulatinamente. Esto significa que en el caso de los cartuchos recambiables podemos tener presencia de cloro o cloraminas por agotamiento parcial y no ser detectada de inmediato.

El contra lavado debe realizarse por lo menos una vez al día. Generalmente se programa su realización en horas nocturnas, cuando la unidad no está demandando agua. El contra lavado significa hacer circular el agua en sentido contrario dentro del filtro de carbón, lo que conlleva que éste se esponje, pues durante la fase de trabajo se va apelmazando, pudiendo llegar a constituirse caminos para el agua en los cuales el contacto entre ambos, agua y carbón, es mínimo y da lugar a la no eliminación del cloro y/o cloraminas.

- El diseño y tamaño de los filtros debe ser el adecuado para conseguir en EBCT total mayor de 7 minutos, recomendables más de 10 minutos. EBCT: Empty Bed Contact Time (tiempo de contacto con el lecho)
- De acuerdo a las recomendaciones dadas por la AAMI (2001), es necesario verificar que ablandadores con regeneración automática de nuestras instalaciones cuenten con un dispositivo de seguridad para prevenir el proceso de regeneración durante el tratamiento de pacientes (5).
- La AAMI (2001) recomienda el uso de carbón virgen y no carbón que ha sido quemado por el fabricante (reburned carbon). El carbón es utilizado en muchas aplicaciones, incluso más tóxicas que la hemodiálisis, y podrían ser recicladas y quemadas por los vendedores. El carbón quemado o reprocesado puede retener impurezas que podrían ser tóxicas para los pacientes. Se recomienda que el tamaño del carbón activado granulado sea malla 12x40 o más pequeño, a efectos de obtener una gran superficie de trabajo, pero no tan pequeño que impida el flujo a través del tanque (5).
- En el Test DPD (N, N-diethyl-p-phenylenediamine), la diferencia entre "Cloro Libre" y "Cloro Total" se considera como contenido de Cloraminas, ya que no existe una prueba que aisle a las Cloraminas. Cuando se utilice el test de "Cloro Total" como único análisis (por ejemplo: tiras de prueba), el nivel máximo para Cloro y Cloraminas no debería exceder 0.1 mg/L. Debido a que no hay distinción entre Cloro y Cloramina, se asume con seguridad que todo el Cloro presente es Cloraminas (AAMI, 2001), (5).
- Es básico tener presente los problemas que el mal diseño del pretratamiento puede tener en etapas posteriores: el cloro puede dañar las membranas de ósmosis, la presencia de calcio puede saturarlas, o pasar estos elementos a la Red de Distribución y por tanto llegar hasta el paciente (12).
- Es fundamental tener información sobre los contaminantes del agua de aporte y sus cambios, en todo caso es necesario realizar su detección precoz, para evitar colapsos en el tratamiento del agua e intoxicaciones masivas (12).



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

- Es fundamental para el correcto funcionamiento del equipo de ósmosis inversa el correcto diseño y posterior control de los elementos del pretratamiento: prefiltración, descalcificación y declaración; dadas las importantes repercusiones que el fallo o mal diseño de estos pueden ocasionar en las membranas de ósmosis: garantizar la total eliminación de cloro (perforación de la membrana), eliminación de la dureza (atascamiento prematuro del equipo de ósmosis y posible paso del Ca y Mg hasta la línea de distribución), excesiva presencia de materia en suspensión que puede originar contaminaciones, atascamiento, etc. e incluso la presencia de elementos derivados del pretratamiento (carbón).

ETAPA: TRATAMIENTO DEL AGUA

- Se debe controlar trimestralmente que el agua que ingresa al Equipo de Osmosis Inversa tenga los siguientes requisitos:
 - Presión mínima: 20 Psig.
 - Presión máxima: 60 Psig.
 - Libre de Hierro y metales pesados.
 - Libre de partículas en suspensión.
 - Turbidez < 1 NTU.
 - Contenido Orgánico < 5 mg/ litro de O₂ como oxidabilidad de KMnO₂.
 - Tolerancia de Cloro libre < 0.1 ppm.
 - Máxima temperatura de operación: 29° C.
 - Rango de pH: Depende del tipo de membrana (Ver ANEXO I)
- **EL EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA:**





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Permite la eliminación de la mayor parte de las sales disueltas en el agua y de la prácticamente totalidad de bacterias y virus. Esto se consigue ejerciendo una fuerte presión positiva del agua con una bomba hidráulica contra una membrana semipermeable. Esta membrana puede ser celulósica (Di y Triacetato de Celulosa) o de Poliamida. Esta última resiste muy bien la agresión microbiológica, pero no la del Cloro, por lo que en su caso habrá que realizar una adecuada decloración del agua antes de pasar por el Equipo de Osmosis Inversa.

El funcionamiento del Equipo de Osmosis Inversa se controlará diariamente observando el Caudal de Agua Permeada, el Porcentaje de Rechazo, la Presión de Funcionamiento, el pH y la Conductividad del agua producto, entre otros.

Las membranas son capaces de retener entre un 90 - 99% de iones y del 95 a 99% de elementos orgánicos.

El Elemento de 5 micras del Pre-filtro ubicado después de la etapa de pre-tratamiento de agua e inmediatamente antes que el Equipo de Osmosis Inversa, tiene como función retener las partículas potencialmente dañinas para las membranas, válvulas y bombas de alta presión (finos de carbón activado, resina, y otros restos). Los elementos del Pre-filtro deben reemplazarse cuando la caída de presión sea igual o superior a 0.5 Kg/cm², así mismo, se recomienda reemplazarlos después de la limpieza o sanitización de las membranas, después del enjuague final. **Los elementos no se deberán limpiar ni reutilizar.**

El Controlador Electrónico debe revisarse cada seis meses.

La Electrobomba de Alta Presión con cinco años de funcionamiento ininterrumpido **debe contar con una electrobomba de respaldo, para su uso en caso presente fallas mayores la electrobomba titular.** Esta electrobomba de respaldo deberá contar con los accesorios necesarios de tal forma que su instalación en el Equipo de Osmosis sea "inmediata", para no afectar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de agua por mucho tiempo.

La Electrobomba de Alta Presión, debe ser inspeccionada a diario. Debe monitorearse trimestralmente el amperaje consumido para estar alerta ante cualquier desviación de su valor nominal.

Diariamente debe verificarse el número de arranques horarios y el posible funcionamiento ruidoso.

Cada tres meses debe verificarse el aislamiento del bobinado del estator del motor eléctrico. Cada tres años debe realizarse mantenimiento general: cambio de rodamientos, barnizado del bobinado del estator en caso necesario, cambio del sello mecánico y alineación del eje de la bomba, si el caso amerita.

Es necesario mantener la presión adecuada en el Equipo de Osmosis Inversa, el cual en ningún caso deberá exceder a la especificada para el tipo de membrana utilizada. En caso de aumentar el porcentaje de agua rechazada, se deberá valorar el funcionamiento de la etapa de pre-tratamiento y el estado de las membranas.

Es necesario calibrar **semestralmente los manómetros tipo dial.**

De acuerdo a la mayoría de fabricantes de Equipos de Osmosis Inversa, es necesario verificar mensualmente el Conductímetro y el pH-metro. Para ello es necesario limpiar y chequear la calibración de los sensores de pH y conductividad.





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Verificar **semestralmente los sensores de presión** y temperatura.

Se recomienda, como parte de **un mantenimiento preventivo concienzudo, cambiar el sensor de pH anualmente.**

LA SANITIZACIÓN DEL EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA se debe realizar para minimizar la acumulación de bacterias sobre las superficies internas de los conductos de la máquina. La frecuencia de la sanitización puede ser minimizada haciendo funcionar el equipo continuamente. Si la máquina tiene que estar parada por más de cuatro horas, se debe programar el Auto-Flush para drenar 15 minutos cada cuatro horas (2).

La sanitización del equipo puede realizarse ocasionalmente para controlar el crecimiento bacteriano. Para **sanitizar** el equipo es necesario utilizar los productos químicos que sean compatibles con el tipo de membrana utilizado y deben ser los recomendados por el fabricante del equipo.

El Sistema Auto-Flush o Flush Automático debe ser evaluado trimestralmente. Especial atención debe merecer la válvula solenoide. Se recomienda programar el Auto-Flush por lo menos diariamente.

LA LIMPIEZA QUÍMICA DE LAS MEMBRANAS es vital porque sobre su superficie se acumulan contaminantes, reduciendo el caudal de permeado afectando su calidad. Para ello será necesario con mayor o menor frecuencia realizar una limpieza química dependiendo de las condiciones de la utilización de cada planta concreta. Sin embargo, se debe realizar por lo menos cada tres meses.

Las membranas deben limpiarse cuando:

- El caudal de producción disminuye un 10% respecto de las condiciones nominales.
- El contenido de las sales del permeado se incremente en un 10%.
- La presión diferencial (alimentación/concentrado) se incremente un 15% por encima de las condiciones nominales (condiciones de operación establecidas durante las primeras 48 horas de operación).

Si la limpieza no se hubiera mostrado eficaz, será necesario repetirla. En ocasiones es suficiente con repetir la fase alcalina.

La eficiencia de las membranas declinará con el uso. Generalmente, el rechazo de sales por parte de las membranas no cambiará significativamente cuando se las usen adecuadamente por un período de dos años a partir de su instalación.

El agua blanda de alimentación con un pH mayor a 7.0 pero menor de 8.0, puede causar algún incremento en el pasaje de sales a través de la membrana luego de 12 a 18 meses en membranas de Acetato de Celulosa. El agua blanda de alimentación con un pH mayor que 8.0 puede incrementar el pasaje de sales muy rápidamente. Bajo condiciones normales, el caudal de permeado podría declinar ligeramente después de uno o dos años de operación. Este período puede ser extendido con "flushing" periódico y con procedimientos de limpieza, de acuerdo a los procedimientos establecidos por el fabricante.

Los fabricantes de membranas de Osmosis Inversa indican que éstas tienen una vida útil de tres años, siempre y cuando las condiciones de agua al ingreso del equipo sean las adecuadas, es decir, no debe tener partículas en suspensión, elementos incrustantes como el Sílice, etc.





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Se recomienda el cambio de membranas cada dos años, o cuando su eficiencia baje del 90% o lo que ocurra primero.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

- El equipo de Osmosis Inversa se podrá detener durante 24 horas sin medidas de protección ni precauciones contra la contaminación bacteriológica. Sin embargo, si fuera preciso parar el sistema durante un período superior a las 48 horas, se procurará lo siguiente:
 1. Evitar que se sequen los elementos filtrantes. Los elementos secos perderán flujo irreversiblemente.
 2. El equipo deberá ser protegido adecuadamente contra los desarrollos microbiológicos, de lo contrario, se deberá efectuar regularmente cada 24 horas un desplazamiento forzado con permeado.
- **Las membranas de Poliamida deben ser usadas al menos seis horas antes de utilizarse el formaldehído como biocida.** Si las membranas son expuestas a **formaldehído** antes de usarse por el período indicado, podría producirse una pérdida en el flujo de trabajo.
- **El permeado obtenido de las membranas de poliamida durante su primera hora de operación debe ser desechada.**
- **Los Equipos de Osmosis Inversa** son sistemas complejos, en los que influyen intensamente las características físicas y químicas del agua. No se recomienda períodos de parada prolongados debido a los riesgos de formación de incrustaciones y contaminación bacteriológica. Tampoco se deberá interrumpir nunca el suministro eléctrico, excepto cuando sea absolutamente necesario y sólo durante un periodo más breve posible.
- Actualmente, el componente fundamental del tratamiento de agua para hemodiálisis es la ósmosis Inversa. En tal sentido, **para producir agua altamente purificada (ultrapura) se deberá utilizar un sistema basado en la existencia de un segundo equipo de ósmosis inversa y/o un electrodesionizador colocado en serie.** En este caso la conductividad del agua purificada es inferior a $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y la contaminación bacteriana de 0.1 UFC/ml, entre otros requisitos (12).
- El agua altamente purificada podría ser una alternativa para cualquier modalidad de hemodiálisis, siendo mucho más que deseable en la diálisis de alto flujo, siendo requisito previo en las modalidades de hemodiafiltración y hemofiltración.
- La instalación de otros elementos posteriores al equipo de ósmosis inversa no solo garantiza una mayor calidad del agua, sino, además en caso de falla de este equipo, pueda disponerse de agua que siga cumpliendo los criterios de calidad básicos. Estos elementos pueden ser: una segunda etapa de ósmosis, alimentada por el permeado de la primera y con bombas independientes entre ambas etapas, de manera que, en caso de falla de una, la otra pueda seguir suministrando agua, o un electrodesionizador (12).

Tanto el electrodesionizador como la lámpara ultravioleta deberían acompañarse siempre con la instalación de ultrafiltros, capaces de retener hasta el nivel de endotoxinas, pues en el caso del primero no tiene capacidad de filtro, y la segunda puede aportar al agua endotoxinas derivadas de su acción bactericida (12).





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

ETAPA: ALMACENAMIENTO DEL AGUA OSMOTIZADA

LAS ELECTROBOMBAS DE AGUA OSMOTIZADA que funcionan en alternancia automática, deben ser inspeccionadas a diario. Debe monitorearse trimestralmente el amperaje consumido para estar alerta ante cualquier desviación de su valor nominal.

Diariamente debe verificarse el número de arranques horarios y el posible funcionamiento ruidoso.

Cada tres meses debe verificarse el aislamiento del bobinado del estator del motor eléctrico.

Cada tres años debe realizarse mantenimiento general: cambio de rodamientos, barnizado del bobinado del estator en caso necesario, cambio del sello mecánico y alineación del eje de la bomba, si el caso amerita.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

- El agua tratada almacenada es susceptible de contaminación, por lo tanto, se debe evitar. El almacenamiento de agua genera dificultades de desinfección. Los depósitos de agua tratada, cualquiera sea su volumen, deben estar herméticamente cerrados, opacos, preferiblemente de acero inoxidable, base cónica, con la salida de agua por la parte inferior y con un filtro de venteo antibacteriano de 0.2 μm . La entrada de agua debe ser en forma de ducha (12)
- La última tendencia es que el agua tratada se debe distribuir directamente a los puestos de consumo sin tanques de almacenamiento, retornando la sobrante a la entrada del tratamiento (12).

ETAPA: POST – TRATAMIENTO DEL AGUA OSMOTIZADA

Las **LÁMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA** de 254 nm de longitud de onda y de dosis mayor a 30 miliWatt.seg/cm², ubicadas en las Plantas de Tratamiento de agua tienen acción germicida, debido a que este tipo de radiación es capaz de penetrar las paredes de la célula bacteriana y alterar su ADN, o matándola o haciéndola incapaz de duplicarse. De ser posible, se medirá la radiación semestralmente y se controlará las horas de funcionamiento.

De acuerdo a la mayoría de fabricantes, la lámpara ultravioleta está calculadas para 8,000 horas de uso continuo o 24 meses de uso intermitente, lo que ocurra primero. Durante este tiempo, el vidrio de la lámpara cambiará fotoquímicamente y no brindará más una onda corta ultravioleta suficiente de 254 nm. que sea capaz de matar a las bacterias con efectividad. Los sistemas que tienen lámpara UV pueden reducir hasta en un 99% las bacterias presentes en el agua.

Conforme el agua fluye a través de la unidad de tratamiento ultravioleta, los minerales, restos y otras sustancias en el agua se colocarán y depositarán en el mango de cuarzo. Esto detendrá la habilidad que tienen los rayos ultravioletas para penetrar el agua.



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

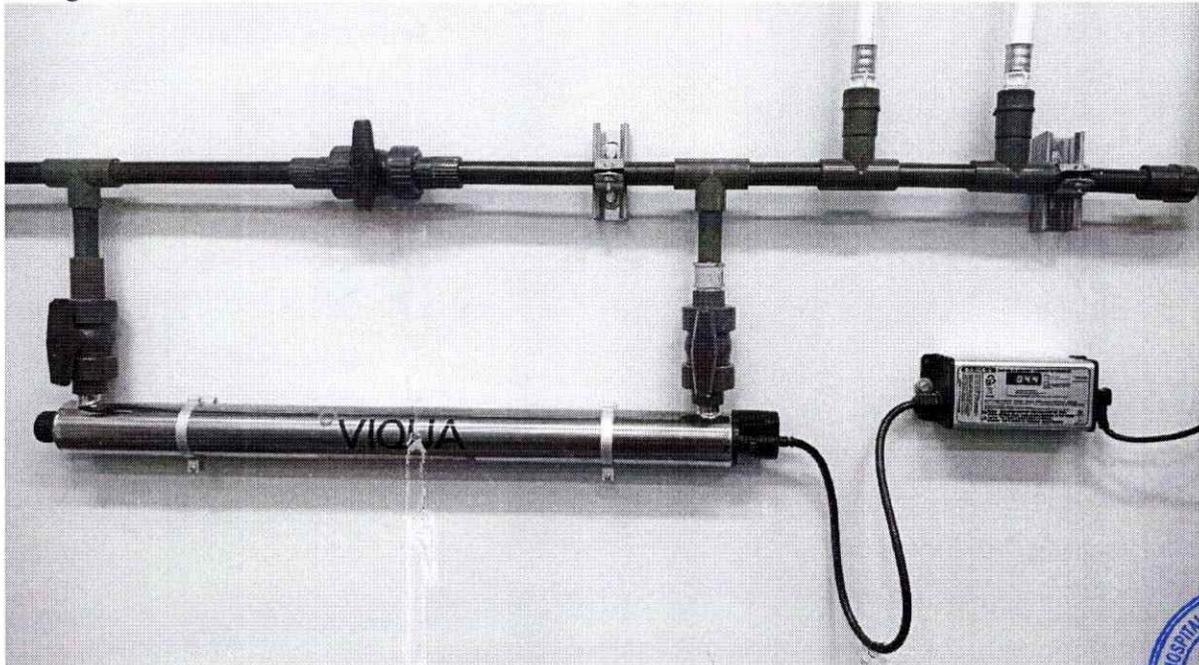
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Los fabricantes de **UNIDADES DE TRATAMIENTO UV** recomiendan que, si el agua ha sido procesada a través de deionización, ósmosis inversa o destilación, la frecuencia de limpieza deberá ser establecida a una vez por año.

Es posible que algunas especies de bacterias se vuelvan resistentes a la radiación ultravioleta. Asimismo, la radiación UV no destruye a las endotoxinas, e incluso podría incrementarse su nivel como resultado de la destrucción de las paredes de la célula bacteriana, lugar donde residen las endotoxinas. En los casos en que se presente esta situación, las Lámpara UV deben ser seguidas de la ultrafiltración (el rango de poros de las membranas de ultrafiltración es: 0.001 a 0.1 micrones).

Un filtro submicrónico (rango de poros de membrana: 0.1 a 1.0 micrones) reduce el nivel de bacterias en el agua producto final, mientras que el ultrafiltro remueve tanto a las, bacterias como a las endotoxinas. El housing de estos filtros debe ser opaco para evitar el crecimiento de algas.



Los FILTROS DE 1.0 Y 0.2 MICRAS deben cambiarse periódicamente en función de su aspecto y/o cuando la caída de presión que condicionen en el circuito sea mayor de 0.5 Kg/cm².

Su duración se verá condicionada por la cantidad de partículas del agua suministrada. La caída brusca de la presión en algunos de estos filtros debe alertar sobre la presencia de numerosas partículas en el agua y será necesario investigar su causa.

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA TRATADA

El agua tratada se muestra ávida de adquirir sustancias de los elementos que estén en contacto con ella. por lo que la red de distribución debe estar hecha con materiales que no aporten nada al agua o se sospeche que puedan hacerlo; no se puede utilizar tuberías de cobre, hierro o aluminio; sin fondos de saco, en tubo continuo que evite empalmes e intersecciones. con la menor longitud posible. Si se utiliza acero inoxidable debe ser de calidad farmacéutica. La



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

tubería que alimenta a las máquinas de hemodiálisis deberá considerarse como un elemento más de la propia red de distribución.

Tiene que circular a velocidad que minimice los riesgos de contaminación y formación de biofilm, > 1 m/seg, por lo que se debe calcular especialmente su sección. El agua no consumida debe retornar al tratamiento de agua y pasar de nuevo por él.

Fijar calendario de desinfecciones en función de las características y longitud de la red, calidad del agua producida, tipo de desinfección (térmica o química). debiendo registrarse cada desinfección y los motivos (protocolo o contaminación)

Los procedimientos de desinfección y desincrustación son parte integral del sistema de mantenimiento de la planta del agua y red de distribución. La frecuencia, tipo de desinfección (químico, calor, mixto) y cambios periódicos de sus componentes (filtros, resinas, lámpara ultravioleta) deberían efectuarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante y adaptándose a los resultados del control microbiológico. La desinfección completa del sistema de tratamiento debería hacerse al menos una vez al mes antes de detectar un nivel de contaminación elevado (12).

- Para prevenir la contaminación bacteriana y la formación de biofilm, el sistema de distribución del agua debe ser diseñado a conciencia. Los materiales válidos para la red de tuberías están hechos de acero inoxidable o polietileno. El mayor esfuerzo debe dirigirse a conseguir una configuración adecuada del anillo de distribución, siendo las tuberías lineales, favoreciendo el flujo continuo y a alta velocidad y previniendo el estancamiento de agua evitando así los espacios muertos.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

- Nunca mire la lámpara ultravioleta de tono celeste cuando están prendidas. Nunca opere la lámpara ultravioleta fuera de la cámara de tratamiento UV. La exposición a la lámpara UV puede quemar y dañar severamente los ojos y la piel.

- Desconectar la electricidad antes de dar mantenimiento al equipo de luz ultravioleta. La lámpara UV y los componentes eléctricos son operadas con potencia eléctrica de alta tensión. Se recomienda no intentar dar mantenimiento a la unidad de tratamiento UV sin desconectar primero la unidad.

- Nunca operar la unidad de tratamiento ultravioleta por más de una hora sin flujo de agua. Si la unidad opera por un largo periodo de tiempo sin flujo de agua, se producirán los siguientes daños:

- El fluido dentro de la cámara ultravioleta se tornará caliente y esto hará que la lámpara ultravioleta pierda efectividad.
- El calor puede dañar permanentemente la lámpara ultravioleta.
- El calor puede dañar los componentes del balasto de la lámpara y su instrumentación

- Al momento de reinstalar la unidad ultravioleta, es necesario que la unidad sea aislada de la vibración excesiva, que podría deberse a la proximidad de la unidad con respecto a un equipo pesado, deficientemente conectado a la tubería de conexión, a bombas erráticas o incorrectas, etc. La vibración de la unidad de tratamiento UV dañará los componentes eléctricos y ocasionará una falla prematura de la lámpara UV.

- El rendimiento de la unidad de tratamiento UV es sensible a la tensión nominal de línea. La tensión de línea deberla ser +/- 10% de la capacidad nominal que aparece en los datos de placa.





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Una tensión de línea insuficiente (oscurecimiento parcial) puede reducir el rendimiento nominal.

- El no reemplazar oportunamente la lámpara ultravioleta por lo menos una vez cada 8,000 horas puede ocasionar una falla en el equipo. Con el uso intermitente, en ningún caso la lámpara ultravioleta deberá ser usada por más de 24 meses sin reemplazo, sin importar el número de horas de operación, debido al normal desgaste operativo de la lámpara ultravioleta.
- Cuando se utilicen filtros submicrónicos y ultrafiltros, la AAMI (2001) recomienda que éstos sean validados para uso médico. En la Industria, existen filtros submicrónicos y ultrafiltros grados "Nominal" y "Absoluto". Los filtros grado "absoluto" son los más apropiados para aplicaciones de hemodiálisis. Adicionalmente, los filtros que no son para uso médico pueden contener preservantes que requieren hasta 500 galones de agua para enjuagarlos totalmente.

- Los filtros submicrónicos y ultrafiltros, a pesar que se encargan de remover los microbios, son blanco para la infestación bacteriana si no son rutinariamente reemplazados.
- Tanto el electrodesionizador como la lámpara ultravioleta deberían acompañarse siempre con la instalación de ultrafiltros, capaces de retener hasta el nivel de endotoxinas, pues en el caso del primero no tiene capacidad de filtro, y la segunda puede aportar al agua endotoxinas derivadas de su acción bactericida (12).

- La lámpara de radiación ultravioleta son capaces de destruir todos los tipos de bacterias en sus diferentes estados. El efecto bactericida depende de la potencia de la lámpara, pureza del agua, flujo y tiempo de exposición. Es necesario el recambio periódico de la lámpara. Este sistema tiene el peligro de que, si el agua está muy contaminada, la destrucción a gran escala de bacterias puede provocar la liberación masiva de endotoxinas que alcancen al paciente (12).

- En la red de distribución de agua tratada, las uniones en los materiales plásticos implican recovecos y alteraciones bruscas en la linealidad del tubo que implican reservorios y ruptura del flujo laminar. Estas uniones se encuentran tanto en los codos cuando éstos se colocan para cambiar la dirección del tubo, como en las derivaciones a las máquinas de hemodiálisis y válvulas. Cuando se opte por algún tipo de material, hay que tener presente cómo realiza las uniones, pegamentos o termo soldados, por la posibilidad de que los pegamentos sean capaces de aportar, con el paso del tiempo y por su degradación, elementos indeseables al agua. Si la opción es acero inoxidable presenta la ventaja de que se pueden utilizar sistemas de desinfección térmica o química y su resistencia a los golpes o tracciones que se puedan hacer sobre él accidentalmente. Es fundamental la forma de realizar las soldaduras en este tipo de tubo, para que no sufran oxidación posterior (12).

MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA EN GENERAL

Se debe verificar mensualmente la adecuada conexión a tierra de los equipos en el lugar de la instalación. Cuando los equipos están adecuadamente puestos a tierra, los componentes no sufrirán ningún daño proveniente de la **electricidad estática** antes o durante la operación.

- Comprobar diariamente que los equipos, así como también las tuberías de interconexión entre ellos no presenten "goteras" o fugas de agua, realizando los ajustes que sean necesarios.



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

- Posteriormente a cada mantenimiento del sistema eléctrico de los equipos debe verificarse el sentido de giro de los motores eléctricos y cambiar dos de los tres cables de alimentación en caso de ser necesario.
- Durante el mantenimiento de los Tableros de Control y/o Alternancia de las Bombas Hidráulicas es necesario verificar el accionamiento de la protección térmica y evitar posibles daños a los motores eléctricos. Se recomienda realizar esta verificación semestralmente.
- Las válvulas de la planta deben ser operadas en todo su rango, como mínimo cada seis meses, para asegurarse que funcionan apropiadamente y que están libres de escombros.

RECOMENDACIONES FINALES

- El Área de Mantenimiento de HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO deberá cerciorarse de que todos los trabajos de mantenimiento, inspección y montaje son llevados a cabo por personal autorizado y especializado, que ha recibido la información adecuada mediante el estudio cuidadoso de los manuales de operación de cada uno de los componentes de las Planta de Tratamiento de Agua.
- No conviene forzar la planta de tratamiento a trabajar con un valor de flujo superior al asignado, aun cuando se pueda obtener más cantidad de agua de permeado durante un periodo breve, lo único que se conseguirá serán incrustaciones en las membranas y problemas operativos.
- Antes de trabajar con componentes controlados de forma automática, desactivar el controlador de tal manera que no operará sobre dichos componentes que vienen siendo mantenidos, porque podría causar daños severos.
- Se recomienda la desinfección efectiva de la planta de tratamiento de agua con carácter mensual, más frecuente en verano, mediante la utilización de sustancias desinfectantes y desincrustantes, como el **ácido peracético**, peróxido de hidrógeno, aldehídos. Solamente se podrán utilizar hipocloritos si las membranas de ósmosis inversa son compatibles (12).

REGISTRO DE ANOTACION DE ACCIONES REALIZADAS RESPECTO DEL TRATAMIENTO DE AGUA

El agua para hemodiálisis supone más del 96% del líquido de diálisis que se pone en contacto con el paciente a través del dializador, en una cantidad entre 90 y 240 litros por sesión aproximadamente.

Algunos contaminantes del agua se pueden transferir al paciente y acumularse en grandes cantidades. A esto habría que sumar el hecho de que la insuficiencia renal le impide eliminar los contaminantes acumulados, pudiéndole ocasionar una verdadera intoxicación.

Existen numerosas publicaciones en la literatura médica que mencionan intoxicaciones agudas y crónicas en pacientes en hemodiálisis producidas por contaminación del agua, que han condicionado importante morbi-mortalidad.

Al ser el agua el principal componente del líquido de diálisis y el menos estandarizable, es uno de los que precisa un mayor control en su producción.

Debe existir un libro de registro paginado donde se anotarán todas las actuaciones realizadas respecto al tratamiento de agua. El profesional de ingeniería o técnico directamente responsable del tratamiento de agua será el encargado de su llenado.



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Los resultados sobre la pureza química y bacteriológica del agua de diálisis deben ser monitorizados de forma periódica y regular, y estos resultados serán debidamente registrados. En la Oficina de ingeniería se debe tener procedimientos bien documentados, en los que se indique los pasos a seguir en el caso de que los límites sean excedidos. También deben quedar registradas las acciones correctoras.

**ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA
HEMODIALISIS**

ITEM	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FRECUENCIA DE ACTIVIDADES				
		TERCEROS	USUARIOS	TECNICOS ELECTROMECAÁNICO		
				Frecuencia	Horas	Nivel Técnico
ALIMENTADOR PRINCIPAL DE AGUA						
1	Revisión, limpieza y desinfección del tanque cisterna de almacenamiento de agua dura	SE				
2	Verificación del aislamiento del bobinado del estator del motor eléctrico de las bombas de agua dura		T	0.5	TB	
	Monitoreo del amperaje consumido por los motores eléctricos de las bombas de agua dura		T	0.2	TB	
	Mantenimiento general de las bombas de agua dura	3A				
3	Verificación del tablero inteligente del Sistema de Bombeo de Velocidad variable		Sm	0.1	TB	
PRE-TRATAMIENTO DE AGUA						
1	Revisión, limpieza, ajustes y prueba del filtro multimedia: controles automáticos, temporizador, válvulas y reguladores		M	3.0	TA	
	Pruebas para determinar la capacidad del filtro multimedia para remover la turbiedad	2A				
2	Revisión, limpieza, ajustes y prueba del filtro de Carbón Activado: Controles automáticos, temporizador, válvulas y reguladores		M	3.0	TA	
	Pruebas para determinar la capacidad del medio del filtro de Carbón Activado para remover el Cloro o las partículas orgánicas en suspensión.	SE				
	Reemplazo del medio del filtro de Carbón Activado		A	8.0	TA/TB	
3	Revisión, limpieza, ajustes y prueba de los Ablandadores: Controles automáticos, temporizador, válvulas, sistema de aspiración y mecanismos de lavado para la regeneración con salmuera		M	4.0	TA	





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

	Revisión y limpieza del tanque de salmuera: Vaciar el tanque para lavar los filtros de sal, tubos y válvulas, removiendo los residuos de tierra y otras partículas.		M	5.0	TB
	Pruebas para determinar el estado y la capacidad de intercambio iónico de la resina de los ablandadores para remover los minerales duros.	A			
	Cambiar la resina, si los ablandadores se encuentran ubicados antes de los filtros de carbón activado.		3A	16.0	TA/TB
	Reprogramación del proceso automático de regeneración de los equipos ablandadores: Sólo si la calidad del agua baja de los niveles mínimos permisibles. Dependerá de la dureza del agua de ingreso y el consumo de agua tratada	Sm	M	1.0	TB
	Medición de la calidad del agua tratada: Tomar muestra del agua ablandada y medir su calidad utilizando indicadores certificados.		D	0.5	TB
TRATAMIENTO DEL AGUA					
1	Control del agua que ingresa al Equipo de Ósmosis Inversa: Contenido de Hierro libre y metales pesados, sílice, endotoxinas (provenientes de micro-organismos), turbidez, contenido orgánico, Cloro libre y pH	T			
2	Verificación del Conductivímetro		M	1.0	TA
	Revisión y mantenimiento del controlador electrónico del equipo de Ósmosis Inversa		SE	3.0	TE
	Verificación del pH-metro (de ser el caso)		M	2.0	TA
	Verificación de los sensores de presión y temperatura		SE	3.0	TA
	Revisión, limpieza, ajustes y prueba del equipo de Ósmosis Inversa: Controles automáticos, presostatos, válvulas de trabajo y lavado, etc.		T	6.0	TE/TA
	Verificación del aislamiento del bobinado del motor eléctrico de la electrobomba de alta presión.		T	0.5	TB
	Mantenimiento general de la electrobomba de alta presión	3A			
	Realizar la prueba SILT DENSITY INDEX. (SDI) del agua de alimentación al equipo de Ósmosis Inversa.	SE			
	Monitoreo del amperaje consumido por el motor eléctrico de la bomba de alta presión		T	0.2	TB
	Verificación del Auto-Rush o Flush Automático		T	1	TB
Limpieza química de las membranas de Ósmosis Inversa		T	8.0	TE/TA	
Cambio de Membranas de Ósmosis Inversa: Cuando la eficiencia baje del 90% o a los dos años, lo que ocurra primero		2A	8.0	TE/TA	
Sanitización de las membranas de Ósmosis Inversa		M	8.0	TE/TA	





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

ITEM	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FRECUENCIA DE ACTIVIDADES				
		TERCEROS	USUARIOS	TECNICOS ELECTROMECHANICO		
				Frecuencia	Horas	Nivel Técnico
ALMACENAMIENTO DE AGUA OSMOTIZADA						
1	Verificación del aislamiento del bobinado del estator del motor eléctrico de las bombas de agua osmotizada			T	0.5	TB
	Monitoreo del amperaje consumido por los motores eléctricos de las bombas de agua osmotizada			T	0.2	TB
	Mantenimiento General de las electrobombas de agua osmotizada	3A		T	0.2	TB
2	Revisión y limpieza de los tanques de agua: Vaciar el agua, desinfectar con Hipoclorito de Sodio al 1.0 % y lavar su interior, para evitar la formación de colonias de micro-organismos. Limpiar las válvulas y switches de control de nivel (Boya, electrodos, flotadores.etc. que deben ser de material inerte).			M	5.0	TB
POST - TRATAMIENTO DE AGUA OSMOTIZADA						
1	Cambio de filtros de 0.2 micras (cambiar periódicamente en función de su aspecto y/o cuando la caída de presión sea mayor de 0.5 - 1.0 Kg/cm2)			N	2.0	TB
2	Limpieza de la Unidad de Tratamiento de Agua por UV			A	4.0	TA/TB
	Cambio de Lámparas Ultravioleta (Cada 8000 horas de uso continuo o 24 meses de uso intermitente)			2A	4.0	TA/TB
ACTIVIDADES ADICIONALES						
1	Revisión y limpieza externa de equipos y tanques		D	M	1.0	TB
2	Medir la seguridad eléctrica de los equipos de la planta de tratamiento de agua, con un analizador de seguridad eléctrica certificado			A	2.0	TE
3	Calibración de los manómetros tipo dial			SE	2.0	TA

FRECUENCIA: D = Diario, Sm = Semanal, M = Mensual, T = Trimestral, SE = Semestral, A= Anual, N= Indeterminado.

NIVEL TÉCNICO: TE= Técnico Especialista, TA = Técnico A, TB=Técnico B





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

**V. TEMAS COMPLEMENTARIOS RELACIONADOS AL
 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PLANTAS DE
 TRATAMIENTO DE AGUA PARA HEMODIÁLISIS**

CONTROL MICROBIOLÓGICO Y SANITIZACIÓN

INTRODUCCION.

Los sistemas de tratamiento de agua de alta tecnología actuales están diseñados para remover muchos tipos de impurezas. Uno de los más difíciles de enfrentar es la contaminación bacteriológica. El crecimiento microbiológico en un sistema de agua presenta dos problemas: No sólo reduce la calidad del agua, sino que, al dejarse desatendido, el problema puede "crecer" reduciendo la performance y la vida del sistema. El crecimiento bacteriano puede provocar el decrecimiento en el flujo del agua producto, una disminución de la presión dinámica y puede contribuir a la corrosión de tuberías y alojamientos.

Muchas aplicaciones para sistemas de Osmosis Inversa incluyen, como objetivo primario, la reducción de microbios. El término "microbios" incluye algas, mohos y levaduras (hongos), protozoos (Giardia y Cryptosporidium son los más conocidos). y el objetivo más popular, la reducción de bacterias.

Las partículas relacionadas transmitidas por el agua son los virus (partículas ADN) y las endotoxinas, las cuales no se adecuan exactamente a la definición, pero siempre es de gran interés y ambas necesitan ser removidas. Existen varios medios y niveles de filtración que pueden cumplir con la remoción de estos organismos (ver Figura 1). La filtración más fina, Osmosis Inversa, los removerá totalmente.

MICROORGANISMS		Typical sizes and Removal Techniques	
Type	Example	Typical Size	Coarsest Filter Medium
Algae	Chlorophyta	5-9 µm	Non-Woven/Depth
Protozoa	Cryptosporidium	3-5 µm	Membrane/Depth
Mold Spore	Aspergillus	2-3 µm	Membrane/Depth
Bacteria	E. coli	1-2 µm	MF
Virus	Retrovirus	0.1 µm	UF/RO
Pyrogen	Endotoxin	10000 dalton	UF/RO

Figura 1





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

No todas las aplicaciones tienen la remoción de microbios como objetivo primario, o aún como de interés. Sin embargo, todos sistemas de membrana enfrentan las consecuencias del crecimiento bacteriano, especialmente de las bacterias.

Primero, debe entenderse que la presencia de bacterias es inevitable, ellas se encuentran en todos y cada uno de los sistemas de agua. Segundo, debido a que siempre estarán presentes, deberán ser controladas. Tercero, **un problema de contaminación de bacterias es más fácil de prevenir que corregir**. Este punto es especialmente cierto para sistemas de membranas, donde las membranas poliméricas son sensibles a las mismas fuerzas empleadas para eliminar las bacterias. Las membranas de Osmosis Inversa son las más sensibles químicamente de todas las clases de membranas y las más comúnmente utilizadas para el control microbiológico. Por lo tanto, este artículo se enfoca en sistemas de Osmosis Inversa como un modelo.

APLICACIONES DE LA REMOCION DE MICROBIOS.

El foco de interés de este artículo es el control de microbios en un sistema de membranas. Sin embargo, también es útil comprender las capacidades de performance de estos sistemas de membranas para la remoción de microbios.

Normalmente, el único producto basado en membranas, utilizado para esterilización (la absoluta remoción de microbios) es la membrana de microfiltración (MF), en la forma de filtros plegados tipo cartucho probados integralmente. Teóricamente, también son capaces de ser esterilizadas las membranas de los tipos láminas planas y fibras huecas para Osmosis Inversa (OR), ultrafiltración (UF) y nanofiltración (NF). Sin embargo, en sistemas y módulos de flujo cruzado existe la posibilidad de la existencia de fugas por los sellos, desperfectos de las membranas y retro-contaminación. Por ello, la tecnología de flujo cruzado no se utiliza sola para esterilización.

Los sistemas de membranas de flujo cruzado son capaces de reducir significativamente los microbios, pero su performance a largo plazo está basado en una operación diligente y buen diseño. Bajo estas circunstancias, los sistemas de membrana son capaces de tres reducciones logarítmicas consistentes de microbios (reducción 1×10^6 , o 99.9% de remoción microbiana). Ver Figura 2. Por ejemplo, los sistemas de osmosis inversa de doble paso son comúnmente usados en la industria farmacéutica para producir Agua Purificada grado USP (United States Pharmacopeia) y para pre-tratar el agua de alimentación a destiladores para producir Agua USP para inyecciones, de un elevado estándar de pureza. Las aplicaciones en los campos de la medicina, alimentos, bebidas y procesamiento de chips semiconductores, descansan en la remoción microbiana por los sistemas de membrana de flujo cruzado.



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

- RO Membrane*
3 log reduction
 - NF Membrane*
3 log reduction
 - UF Membrane*
3 log reduction
 - MF validated integrity tested
cartridge 7+ log reduction
- *Theoretical Removal is 100%

Figura 2

FORMACION DE BIOPELICULAS.

Si los niveles de microbios no son controlados, éstos inevitablemente formarán biopelículas. La mayoría de bacterias que se encuentran en el agua secretan un lodo conteniendo polisacáridos (glycocalyx), el cual mejora la habilidad de las bacterias para adherirse a una superficie (Figura 3). Las bacterias crecen y se multiplican más rápido cuando están asociadas (sessile) que cuando están flotando libremente (planktonic). La asociación de microbios forma una colonia más grande. La capa de lodo ayuda a adherirse a otras bacterias y nutrientes, que flotan de un lado a otro y también actúa como una capa protectora, la cual resiste la penetración química. Esta capa es conocida como Biopelícula (Biofilm).

El tamaño, complejidad y resistencia a la sanitización de las colonias crece dentro de esta biopelícula, la cual es muy difícil de penetrar usando agentes de sanitización típicos. Estas colonias también se convierten en una fuente de recontaminación cuando los pasos de la sanitización no remueven completamente la biopelícula. Una única sanitización de rutina usualmente sólo afecta la capa exterior de la biopelícula, de tal manera que las bacterias jóvenes ubicadas en lo profundo de la biopelícula rápidamente recontaminarán el sistema y a los pocos días se verán de nuevo elevados niveles de bacterias.

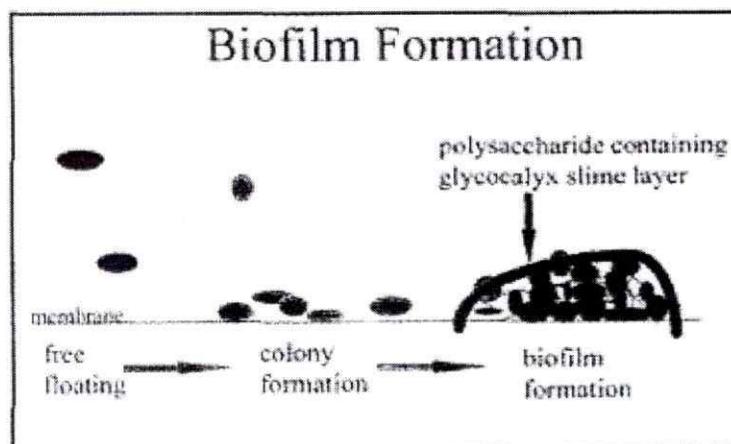


Figura 3





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

REMOCION DE BIOPELICULAS.

Para destruir una biopelícula ya establecida, se requiere frecuentemente de ciclos repetitivos de sanitización. En el primer paso se utiliza un agente biocida normal. En el segundo paso se utiliza una solución de alto pH, usualmente Hidróxido de Sodio, para ayudar a digerir y remover la capa externa de bacterias muertas a causa del biocida. Luego se introduce nuevo biocida al sistema para eliminar la siguiente capa de bacterias, nuevamente seguido de la solución cáustica.

El ciclo biocida /solución cáustica podría necesitar ser repetido varias veces hasta que toda la biopelícula sea removida. Para una biopelícula bien establecida, se requiere comúnmente de 5 a 10 ciclos.

SANITIZACION CONTINUA O PERIODICA?

Existen dos enfoques para controlar el crecimiento bacteriano en un sistema de agua. Uno es mantener un nivel residual de agente biocida dentro del sistema (dosificación continua). Esto es, similar a la técnica común mediante el cual en las Plantas de Tratamiento de agua de servicios públicos se inyecta suficiente Cloro o Cloraminas, en su agua tratada para proporcionar un residual a lo largo de todo el sistema de distribución.

El Cloro es el más usado en los Estados Unidos (al menos actualmente), y un mínimo de residual es de 0.2 mg/L. En Europa, es popular ozonizar los sistemas de agua de servicios públicos, pero mantener un residual de ozono es difícil debido a su corto tiempo de vida en el agua. En los Estados Unidos, el químico más comúnmente utilizado en los sistemas de tratamiento de agua en los puntos de uso es el Cloro, en la forma de Hipoclorito de Sodio (lejía casera).

El segundo enfoque es sanitizar el sistema periódicamente. Independientemente de que se utilice el enfoque periódico o continuo, el enfoque apropiado dependerá de la calidad del agua producto que se requiera. Por ejemplo, aquellos sistemas que producen "agua ultrapura", donde no se tolera residuales químicos en el agua producto se tiene que emplear limpieza y sanitización periódica en lugar de dosificación continua de químicos biocidas. La mayoría de sistemas que utilizan dosificación continua también necesitarán un régimen de limpieza y sanitización, aunque menos frecuentemente. Aún con el post-tratamiento del agua con luz ultravioleta y con calor o adición de biocidas en el sistema de distribución y almacenamiento todo el sistema de tratamiento requerirá sanitización periódica.

OPERACIÓN DEL SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA

En un sistema de tratamiento de agua basado en membranas, una operación apropiada es tan importante como el diseño sanitario apropiado para el control del nivel de microbios. No existe un diseño práctico para un sistema de osmosis inversa, que no requiera de una operación esmerada y entendida para asegurar un bajo nivel de colonias de bacterias.

A pesar de que no siempre es práctico, la operación continua puede prevenir áreas de agua estancada, las cuales conllevan a la formación de biopelículas. Si el sistema no puede ser operado continuamente, un ciclo de autoflush automático de 15 minutos cada 4 horas ayudará a desalojar las bacterias del sistema, antes de que se adhieran firmemente al él, inhibiendo la formación de biopelículas. Esto reducirá la frecuencia de limpieza requerida y sanitización programada.





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

¿CUANDO SANITIZAR?

Una operación apropiada también incluye mantenimiento preventivo, tales como limpieza y sanitización rutinarios. La clave para determinar la frecuencia de limpieza y sanitización es revisar los parámetros de operación y performance dentro de un periodo dado de tiempo.

Los criterios de operación más importantes incluyen las presiones en el pre y post filtro, flujos, temperatura y nivel de microbios.

Dos buenas reglas empíricas para la limpieza y sanitización de un sistema de Osmosis Inversa son cuando el flujo de agua producto decrece hasta un 10 a 15 % y cuando existe una tendencia creciente en los niveles de bacterias apoyados en los parámetros tales como los flujos y presiones.

Las muestras de bacterias pueden ser enviadas a un laboratorio local, o pueden utilizarse incubadoras para ser usadas en el sitio. Las incubadoras son diseñadas para cultivar bacterias, las que pueden ser contadas por inspección visual después de 48 a 72 horas de incubación. El conteo microbiano debe ser registrado dentro de un periodo de tiempo a fin de establecer un programa regular de limpieza y sanitización. Con un programa regular, el sistema de tratamiento es mantenido de una manera eficiente, para prevenir niveles críticos de ensuciamiento y crecimiento bacteriano.

ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DEL CRECIMIENTO DE LOS NIVELES BACTERIANOS

Cuando se utiliza los niveles de microbios para establecer un programa de limpieza/sanitización, es muy útil realizar un análisis de tendencias de la información. Aun cuando un sistema de Ósmosis inversa removerá los microbios, un nivel elevado en el agua de alimentación eventualmente contaminará el fluido aguas abajo. Por esta razón, los niveles de bacterias deben ser monitoreados tanto en el agua de alimentación como en el agua producto. Debido a que el crecimiento bacteriano depende de las circunstancias, las cuales pueden ser complejas, no siempre es predecible o repetible. Por lo tanto, es muy importante determinar si los niveles de bacterias en el agua producto tienen una tendencia a niveles más elevados o existe simplemente un pico transitorio (Figuras 6 - 8).

Si los niveles de bacterias se incrementan lentamente a lo largo del tiempo, su naturaleza es diferente a la contaminación producida por una biopelícula, la cual está caracterizada por un rápido incremento exponencial. Un pico podría indicar un área de bajo flujo, perturbado bajo inusuales circunstancias, o el resultado de una parada larga de la planta sin los controles apropiados con biocidas. Un incremento gradual en los niveles puede ser natural y no prevenible en la práctica.

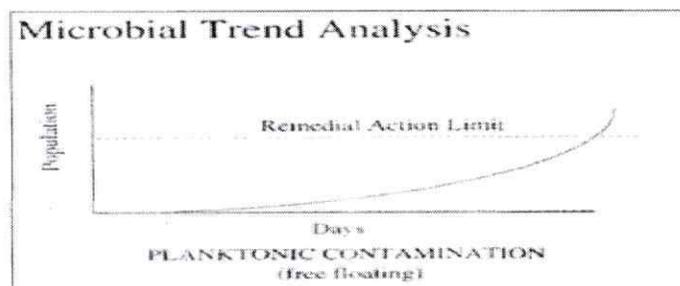


Figura 6





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

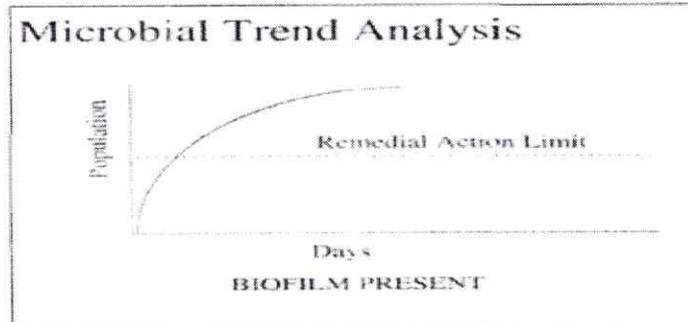


Figura 8

AGENTES DE LIMPIEZA Y SANITIZACIÓN

Existen muchos tipos de sanitizantes y limpiadores disponibles (Figura 9). Estos pueden ser divididos en dos grandes categorías. Oxidantes, los cuales incluyen al Ozono, Cloro, Peróxido de Hidrógeno y Acido Peracético, siendo muy efectivos contra la mayoría de organismos, pero degradan las membranas poliméricas y son completamente incompatibles con algunas. El Ozono, por ejemplo, irremediamente degradará cualquier membrana de Osmosis Inversa, Nanofiltración y Ultrafiltración.

Los No Oxidantes, incluyen formaldehído, glutaraldehído y compuestos de amonio cuaternario. Estos compuestos pueden ser bastante efectivos contra la mayoría de microorganismos, incluyendo endosporas bacterianas. Nuevamente, estos compuestos pueden ser o no compatibles con algunas membranas. Por ejemplo, los compuestos cuaternarios rápidamente degradarán las membranas de acetato de celulosa y poliamida. El formaldehído es un efectivo biocida, el cual tiene una historia larga y exitosa en su utilización en sistemas de tratamiento con membranas. Sin embargo, su utilización se está volviendo menos frecuente debido al incremento de regulaciones basadas en su toxicidad en humanos cuando no se manipulan apropiadamente.

COMMON SANITIZING AGENTS		
Agents	Effective Concentration	Time
Systems - No Membrane		
NaOCl	100-200 ppm	30-60 min.
Ozone	2-3 ppm	10 min.
System and Membrane		
H ₂ O ₂	3-5 ppm	30 min.
Formaldehyde	0.5%	30 min.
Peracetic Acid	1.0%	30 min.
Isothiazolones	50 ppm	120 min.
Glutaraldehyde - not preferred		

Figura 9





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

TECNICAS DE LIMPIEZA Y SANITIZACION

Un procedimiento típico de limpieza/sanitización incluye la recirculación del agente químico de 20 a 30 minutos seguido por un remojo de 20 a 30 minutos. Esto es seguido por una recirculación adicional por un lapso de 15 a 20 minutos. El agente químico es posteriormente flusheado de la máquina usando agua purificada. Siempre es importante chequear la compatibilidad de los agentes químicos con los fabricantes de las membranas, así como el tiempo de contacto recomendado antes de utilizar cualquier régimen biocida de limpieza/sanitización.

SANITIZACION DE LAS MEMBRANAS DE ACETATO DE CELULOSA Y POLIAMIDA:

Las membranas de la familia de poliamidas se han desarrollado hasta convertirse en las membranas de Osmosis Inversa más populares en uso, eclipsando a las membranas de acetato de celulosa en los años 80. Virtualmente siempre hechas de una forma compuesta, estas membranas son conocidas comúnmente como "Thin Layer Composite" (TLC), "Thin-Film Composite" (TFC), etc. Todos ellos están basados en polímeros de poliamida químicamente sensibles.

La naturaleza química agresiva que hace efectivos a algunos biocidas también degrada a las membranas de poliamida, algunas drásticamente. Muchos agentes Oxidantes no pueden ser usados. La utilización del Ozono está fuera de discusión para cualquier tipo de membrana para Osmosis Inversa. El Cloro libre en cualquier dosis degradará a las membranas de poliamida, de esta manera el Cloro en la mayoría de sus formas está descartado.

El Peróxido de Hidrógeno es tolerable, pero su acción es lenta y requiere elevadas concentraciones para una acción efectiva. El uso de Ácido Paracético para membranas de poliamida fue popularizado en el mercado de diálisis desde hace 8 a 10 años atrás y continúa su uso en la actualidad.

Se ha aprendido laboriosamente, que para usar el ácido paracético u otros agentes oxidantes, primero debe limpiarse la membrana del Hierro y otros metales presentes (ciclo de limpieza ácida). Si no se remueven, éstos catalizarán drásticamente la degradación de la membrana de poliamida por agentes oxidantes, resultando posiblemente en daños severos a las membranas. Un ciclo de limpieza ácida es usualmente efectivo en la remoción de estos metales.

Esta debilidad química de las membranas de poliamida ha llevado al uso de membranas de acetato de celulosa en muchas instalaciones donde se desea un bajo nivel de dosificación de Cloro o donde se desee la sanitización periódica de las membranas de equipos de Osmosis Inversa en el sitio.

Aunque no tan efectivos en el rechazo de sales y menos tolerantes a grandes fluctuaciones de pH que las membranas de poliamida, las membranas de acetato de celulosa son tolerantes a bajos niveles de Cloro. En efecto, algunos de los casos más severos de biopelículas han ocurrido en grandes sistemas de osmosis inversa instalados en aplicaciones electrónicas, donde las membranas de acetato de celulosa fueron reemplazadas membranas de poliamida y los residuales de Cloro eliminados.

SUMARIO:

La contaminación microbiana y particularmente las biopelículas pueden provocar problemas operacionales y de performance en los sistemas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa.





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Los componentes con grandes superficies, tales como los lechos de carbón activado y las membranas, de Osmosis Inversa son los más susceptibles de problemas. Mientras que los microbios no pueden ser eliminados, ellos pueden ser controlados. El primer paso es el diseño apropiado del sistema de tratamiento y sus componentes; la meta es eliminar las áreas que conducen al estancamiento del flujo y la adherencia de las bacterias.

También se requiere apropiadas técnicas operacionales, que incluya operación continua o al menos operación periódica regular y una dosificación continua de biocida. Estas medidas no son siempre prácticas, pero reducen la frecuencia del ciclo de limpieza/sanitización.

VI. PREGUNTAS MAS FRECUENTES RELACIONADAS A SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POR ÓSMOSIS INVERSA

1. ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE LIMPIEZA Y DESINFECCION EN UN SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA?

Limpieza es la remoción de suciedades del lado de alimentación de las membranas de Osmosis Inversa. Existen dos tipos de limpiadores, de alto pH (7.5 - 11) y bajo pH (2.0 - 4.0). Los limpiadores de alto pH remueven sedimentos y sustancias orgánicas que obstruyen o ensucian la membrana, los limpiadores de bajo pH arrancan las incrustaciones de minerales formadas y la Biopelícula (de bacterias) que impiden a la membrana funcionar adecuadamente.

Los limpiadores ayudan en el control de microbios manteniendo a la membrana libre de depósitos a los que las bacterias se pueden adherir, pero sólo ellos no pueden matar a las bacterias, como si lo puede hacer un desinfectante.

La desinfección controla y hace decrecer los niveles de microbios en el sistema completo, tanto en el lado de alimentación como del lado del agua producto de la membrana y en las canalizaciones del fluido.

La limpieza rutinaria de las membranas (aproximadamente trimestralmente) con una **desinfección regular** (aproximadamente una vez al mes) en grandes sistemas centrales incrementarán la vida de las membranas y se controlarán las colonias de bacterias en el sistema.

Se recomienda desinfectar los sistemas portátiles una vez a la semana, o si el sistema no ha sido usado por más de 48 horas. En un sistema portátil las membranas deben limpiarse trimestralmente o más frecuentemente según se recomiende.

2. ¿POR QUÉ OBTENGO PRESION DEL AGUA PRODUCTO DISMINUIDA O BAJO FLUJO?

Existen cuatro factores que afectan el flujo de agua producto o producción de agua osmotizada y la presión:



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Temperatura del agua de alimentación:

La temperatura del agua de ingreso afecta grandemente la cantidad de agua producto producida. Las membranas de Osmosis Inversa están indicadas para un uso con agua a una temperatura ideal de 77 °F (25°C). Por cada °F menor que sea el agua de alimentación, el flujo de agua producto se reduce en 1.5%. Para mantener la temperatura del agua de ingreso cerca de 77 °F, en los grandes sistemas de tratamiento de agua se utilizan comúnmente válvulas mezcladoras de agua y para pequeñas máquinas de ósmosis inversa portátiles se utilizan más membranas o membranas más grandes para compensar las fluctuaciones estacionales de la temperatura del agua.

Presión de la bomba del Equipo de Osmosis Inversa:

Las membranas de Osmosis Inversa están diseñadas para operar a una presión específica de la bomba de alta presión para crear el flujo apropiado de agua producto y agua de rechazo. Las membranas de acetato de celulosa generalmente requieren dos veces la presión de bomba que las membranas de poliamida requieren para producir la misma cantidad de agua producto. Al operar el Equipo de Osmosis Inversa a una presión menor que la presión de trabajo de la bomba se obtendrá un reducido flujo de agua producto. Al operar la bomba a una presión más alta que la presión recomendada de trabajo ésta se desgastará prematuramente.

Limpeza de la membrana de Osmosis Inversa:

Suciedades tales como sedimentos, sustancias orgánicas y depósitos de incrustaciones minerales pueden cubrir porciones del lado de alimentación de la membrana. Estas suciedades pueden taponar la membrana y obstruir el pasaje del agua, decreciendo así la producción de permeado de Osmosis Inversa.

Baja presión del agua de alimentación:

Es muy común en los sistemas de tratamiento de agua para uso público enfrentar varias dificultades. Estos problemas algunas veces afectan la presión de ingreso del flujo de agua al equipo de Osmosis Inversa. Puede resultar en una presión de agua de alimentación reducida o en una presión inexistente.

Una bomba, generalmente acoplada a un tanque hidroneumático puede reducir el riesgo de un deficiente suministro de agua. Para grandes sistemas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa, un tanque de almacenamiento puede ayudar en una situación de ausencia de agua.

En unidades pequeñas de Osmosis Inversa portátiles, es mejor no usar el sistema hasta que la presión del agua de alimentación alcance por lo menos **25 psi**. Flujos reducidos a través del sistema pueden causar desgaste y destrozos en la bomba.

3. ¿CUÁNTO TIEMPO DURARA EL CARBÓN ACTIVADO ANTES DE AGOTARSE?

La duración del tiempo de cambio o recarga de carbón activado depende de los niveles de Cloro/Cloraminas presentes en el agua fuente. Para determinar mejor con qué frecuencia debe cambiarse el carbón activado debe hacerse pruebas para determinar la presencia de Cloro/Cloraminas antes de cada cambio de turno de pacientes. Basados en los resultados de las pruebas, puede identificarse un patrón y establecerse una rutina para cambiar los tanques



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

antes de que el carbón se agote. Sin embargo, cuando ocurre un rápido incremento de los niveles de Cloro/Cloramidas, el carbón activado está agotado y necesita ser reemplazado. Adicionalmente a la remoción de Cloro/Cloramidas, el carbón activado también removerá materia orgánica del agua de ingreso y es por lo tanto, un medio perfecto para que proliferen las bacterias. El carbón activado también puede ensuciarse por polvo y partículas en suspensión, reduciendo así la eficacia del carbón. Es práctica común retrolavar el carbón activado para eliminar esta materia y prevenir la canalización del lecho de carbón activado, de tal manera que el agua es expuesta a superficies mayores, lo que permite la mayor eficiencia del carbón. Sin embargo, esto no renueva el carbón; cuando el carbón se agota es necesario reemplazarlo.

Desde que el crecimiento bacteriano es un problema en los tanques de carbón activado, se recomienda que éstos sean reemplazados cada tres o seis meses (aun cuando el carbón no estuviera agotado), o más frecuentemente antes de que se agoten.

4. ¿CUÁNTO TIEMPO DURARA UNA MEMBRANA DE ÓSMOSIS INVERSA?

Una membrana de Osmosis Inversa que tiene un adecuado pre-tratamiento, que es limpiada y desinfectada rutinariamente y es bien mantenida, durará un promedio de 3 a 5 años en un sistema de tratamiento de agua de gran magnitud. Junto con el mantenimiento, la calidad de la fuente de agua también determinará el ciclo de vida de la membrana. Una fuente de agua con una alta concentración de soluto desgastará mucho más a la membrana que una fuente de agua con una concentración iónica más baja.

Las membranas de poliamida son más durables que las membranas de acetato de celulosa. Las membranas de poliamida tienen una mayor duración en una amplia variedad de calidades de agua de alimentación y tienen un rango más amplio de tolerancia de pH que las membranas de acetato de celulosa.

5. ¿ES BUENA IDEA ALMACENAR EL AGUA PURIFICADA?

Existen ventajas en un sistema con tanque de almacenamiento. Por ejemplo, un equipo de Osmosis Inversa pequeño puede utilizarse en lugar de ampliar el tamaño del sistema central de Osmosis Inversa cuando el Centro de Hemodiálisis crezca. Si la interrupción del suministro de agua es un problema, existe agua producto disponible para alimentar los sistemas de hemodiálisis. Existen algunos casos en los cuales no es posible instalar un sistema de alimentación directo. Por ejemplo, una instalación de hemodiálisis que es limitada en espacio, o en un centro que tiene el sistema de Osmosis Inversa en un piso más abajo que el área de tratamiento de pacientes.

Los tanques de almacenamiento de agua de los sistemas de distribución tienen desventajas que no son inherentes a los sistemas de alimentación de los equipos de Osmosis Inversa. Los sistemas de almacenamiento requieren mantenimiento y monitoreo extra sumado a los gastos adicionales del tanque de almacenamiento y bomba de distribución. Se requiere tiempo adicional para limpieza, sanitización, monitoreo y mantenimiento del sistema. El riesgo de la contaminación bacteriana es grande debido al potencial estancamiento y porque la superficie del agua producto está expuesta a la atmósfera.





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

6. ¿POR QUÉ ZYZATECH TÍPICAMENTE DISEÑA SUS SISTEMAS DE TRATAMIENTO CON LOS ABLANDADORES DE AGUA ANTES DE LOS TANQUES DE CARBÓN ACTIVADO?

Ambos, el ablandador o el tanque de carbón activado pueden ser colocados primero en el paso del flujo del pre-tratamiento (El manual y películas de la FDA indican el tanque de carbón activado primero). En aplicaciones de diálisis ZyzaTech diseña el sistema con el ablandador de agua antes que el tanque de carbón activado, a causa del reducido riesgo de exposición de bacterias. Los tanques de carbón activado son usados principalmente para la remoción de Cloro/Cloraminas y por lo tanto eventualmente experimentarán crecimiento bacteriano, debido a que el Cloro/Cloraminas son los que previenen que ocurra el crecimiento microbiano. Si el tanque de carbón activado está primero en la línea, el ablandador estará expuesto a agua clorada, lo cual permitirá un mayor crecimiento bacteriológico en el ablandador, permitiendo así que el ablandador y tanque de carbón se contaminen al mismo tiempo. Sin embargo, si el ablandador está primero, éste está expuesto a agua clorada y las bacterias serán minimizadas. Las bacterias y endotoxinas son rechazadas por las membranas de Osmosis Inversa a una tasa del 99%, pero mientras mayor sea la exposición de las membranas a las bacterias, mayor será la posibilidad de que se adhieran las bacterias y posiblemente crezcan en toda la membrana.

El lado malo del diseño del sistema con el tanque de carbón activado primero es que los lechos de resina son dañados por el Cloro, de esta manera la vida del ablandador podría reducirse unos cuantos años, dependiendo del nivel de Cloro al que está expuesta la resina. Los ablandadores de grandes sistemas de tratamiento de agua generalmente duran de 10 a 15 años, por lo tanto, el daño es insignificante comparado con el problema de la contaminación microbiana.

VII. PUREZA Y CALIDAD DEL AGUA PARA HEMODIÁLISIS

El agua de hemodiálisis (HD) supone más del 96% del líquido de diálisis que se pone en contacto con el paciente a través del dializador, en una cantidad entre 90 y 240 litros por sesión aproximadamente.

Algunos contaminantes del agua se pueden transferir al paciente y acumularse en grandes cantidades.

A esto habría que sumar el hecho de que la insuficiencia renal le impide eliminar los contaminantes acumulados, pudiéndole ocasionar una verdadera intoxicación. Existen numerosas publicaciones en la literatura médica que mencionan intoxicaciones agudas y crónicas en pacientes en hemodiálisis producidas por contaminación del agua, que han condicionado importante morbi-mortalidad. Al ser el agua el principal componente del LD y el menos estandarizable es uno de los que precisa un mayor control en su producción.

Al principio de la hemodiálisis como técnica de tratamiento de la Insuficiencia Renal Crónica, el tratamiento del agua trataba de prevenir el síndrome de agua dura y las contaminaciones bacterianas. Posteriormente hubo que enfrentarse a contaminantes difíciles de eliminar como es el caso de algunos metales, como el aluminio, cuya intoxicación produce encefalopatía y osteomalacia; o el caso de las cloraminas, que pueden provocar epidemias de anemización por hemólisis en las unidades de hemodiálisis. Al tiempo se han ido publicando casos de intoxicación por diversos contaminantes.





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

En esta década la mayor preocupación ha pasado a un campo limítrofe entre la repercusión clínica y subclínica, como es el caso de los pirógenos-endotoxinas. Sabemos actualmente que, aunque no siempre aparecen reacciones a pirógenos muchos de nuestros pacientes están expuestos a endotoxinas que condicionan una situación inflamatoria crónica, que repercute a la larga en diversos aspectos clínicos de los pacientes. Nuestro objetivo actual debe ser conseguir un líquido de hemodiálisis ultra puro, que solo contendrá agua y los componentes necesarios con un grado de pureza como el que se exige para las soluciones para infusión intravenosa.

Una parte fundamental de la biocompatibilidad de la HD la constituye el líquido de diálisis y de ahí la importancia de su nivel de calidad.

Es difícil precisar donde se debe establecer el punto de corte en los niveles de sustancias potencialmente tóxicas en el LD. La AAMI fijó sus niveles límite en función de la toxicidad de las sustancias. En una primera categoría incluyó aquellos solutos que son añadidos en el LD, como el Na, Ca, Mg y K y estos fueron fijados en niveles que no influyesen en la concentración final en el LD; en la segunda categoría incluyó las sustancias reguladas por las normas del agua potable, como el arsénico, cadmio, plomo, etc. (Ver Anexo II), fijando su límite en un 10% de aquel; en la tercera se incluyó las sustancias con especial importancia en la intoxicación de los pacientes en diálisis, como las cloraminas o el aluminio, limitando su nivel en función de los valores bajos referidos como tóxicos en la literatura.

Desde 1981 se han ido conociendo nuevos tóxicos potenciales provenientes del agua, componentes del sistema de tratamiento del agua, concentrados y monitores. Lo que ha obligado a añadir nuevos elementos en la lista de elementos a eliminar y controlar. También ha aumentado la atención prestada a la contaminación bacteriana y su consecuencia la endotoxemia. En esta Guía se han tomado como límites máximos los marcados por la European Pharmacopoeia 4.3 y anteriores, complementados en ocasiones por las normas de la AAMI Edición 2001. Está claro que se trata de un proceso en constante revisión, dependiendo de la aparición de nuevos tóxicos o nuevos niveles de toxicidad. En este sentido se deben destacar dos posibles cambios para el futuro.

El primero lo constituyen los niveles de aluminio. El aluminio en el agua se presenta como ion, asociado a sales y en forma coloidal, unido a materia orgánica. Dependiendo del pH la forma iónica puede variar entre un catión trivalente a un anión complejo. Los descalcificadores solo eliminarían sus formas catiónicas. El aluminio coloidal no se podría eliminar con los desionizadores (DI) y solo la ósmosis inversa (OI) sería capaz de eliminarlo. El aluminio se añade en ocasiones al agua como floculante de la materia orgánica, por lo que sus niveles pueden ser muy elevados. En estas situaciones la única forma de conseguir niveles óptimos en el LD es el trabajar en serie con dos OI o DI-OI.

Por otro lado, sabemos que el balance de aluminio durante la diálisis se establece entre el aluminio libre o ultrafiltrable del plasma, 5-10% del total, y el aluminio del líquido de diálisis y si queremos hacer un balance claramente negativo, manteniendo niveles de Al en sangre inferiores a 30-50 μ g/L, debemos mantener una concentración en el LD inferior a 5 μ g/L

La medición de sustancias, como el aluminio, precisa una metodología exacta, utilizando agujas no metálicas, tubos especiales y evitando todo tipo de contaminaciones. La determinación se realizará por espectrofotometría de absorción atómica, en cámara de grafito para evitar contaminaciones. Dadas las características especiales del aluminio, si la determinación de aluminio en el agua está en buenos niveles, <5 μ g/L y la resistividad del agua es mayor de 1 M Ω /cm, podemos presumir que las características del agua respecto a





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

iones son correctas y que el resto de aniones y cationes tendrán niveles correctos. Tal vez la excepción a esta regla la constituyen las aguas con contenidos muy elevados de mercurio, que requiere para su eliminación sistemas de floculación y quelación.

El segundo tema de discusión lo constituye el nivel admisible de cloraminas. El cloro se añade al agua potable como bactericida a través de su gran capacidad oxidante. Esta función la realiza el cloro libre, que difunde rápidamente. La forma de mantener niveles estables de cloro libre es la formación de cloraminas, compuestos moni-bi o triclorados de nitrógeno, que liberan lentamente el cloro.

Las cloraminas son capaces de atravesar la mayoría de los sistemas de tratamiento de agua, incluida la ósmosis inversa. Existen fundamentalmente dos sistemas para su eliminación del agua: su reacción con el carbón activado o con el bisulfito de sodio. La elección de un sistema u otro depende de las características del agua a tratar y del pH al que dan lugar estas reacciones, pues van a influir en el funcionamiento del ósmosis inversa, según el tipo de membrana. Para la producción de agua purificada para HD se recomienda el carbón activado por tener un mantenimiento más fácil, ser más seguro y tener un espectro de retención más amplio.

El mantenimiento adecuado del carbón y su renovación periódica es fundamental.

El paso a la sangre de pequeñas cantidades de cloraminas va a condicionar efectos oxidantes siendo el más llamativo la hemólisis. Las cloraminas son difíciles de medir por lo que se suele recurrir a estimarlas como la diferencia entre cloro total y cloro libre, método poco sensible. Realizando la medición así los niveles admisibles de cloro total deberían ser inferiores a 0.06 mg/L o los de cloraminas inferiores a 0.05 mg/L, no 0.1 mg/L como se limita actualmente. Se han publicado datos que demuestran mayor anemia asociada a niveles de cloraminas de alrededor de 0, 1 ppm. Una solución alternativa que se utiliza en Norteamérica es la colocación de dos filtros de carbón activado en serie y hacer las determinaciones entre los dos. Por tanto, de acuerdo con el grado de pureza deseada en el agua, la complejidad y coste del sistema de tratamiento difiere significativamente. Pueden usarse dos grados distintos de pureza para el agua en hemodiálisis: agua purificada y agua altamente purificada o ultra pura. El agua purificada es la forma básica de agua tratada, válida para las modalidades de hemodiálisis convencional.

La contaminación microbiológica del agua purificada debería cumplir las Recomendaciones de la Farmacopea Europea, recuento bacteriano menor de 100 UFC/ml y menos de 0,25 UE/ml de endotoxinas. El agua altamente purificada o ultra pura debe contener menos de 10 UFC/100ml y 0,03 UE/ml, así como otros requerimientos especificados en estas Guías.

El agua altamente purificada debe ser el estándar para producir un LD ultra puro. Para la producción de un LD ultra puro es necesario que sus tres componentes cumplan el estándar de pureza exigido. El LD tendrá el grado de pureza del peor de sus componentes. El agua ultra pura podría ser una alternativa para cualquier modalidad de hemodiálisis.

Además, es mucho más que deseable en la diálisis de alto flujo y es requisito previo en las modalidades de hemodiafiltración y hemofiltración que usan la producción en línea del líquido de sustitución.

La dificultad técnica y económica para lograr un LD sin contaminación bacteriana ni ET es lo que ha propiciado que se admitan dos niveles de calidad.

Lo óptimo es un LD de calidad farmacéutica semejante a la de las soluciones parenterales. Sabemos que se puede observar estimulación de los monocitos con niveles plasmáticos de ET tan bajos como 0.05 ng/ml. Hay que tener en cuenta que el estímulo se produce con la





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

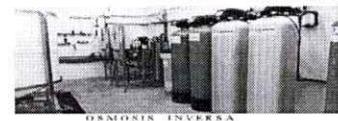
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

exposición acumulada durante la sesión de HD y además se potencia por otros estímulos coadyuvantes, como pueden ser el complemento, activado por la membrana del dializador o el acetato del LD. Por eso se ha escogido un nivel de ET para el LD ultra puro semejante al de los líquidos estériles, que son los que aseguran que no hay niveles suficientes de ET para estimular a los monocitos.

La contaminación bacteriana es el origen de las ET y otras sustancias con capacidad pirogénica, por lo que debe ser la menor posible. El límite para el agua purificada es de 100 UFC/ml como señalan la mayoría de las normas al uso, incluida la Farmacopea Europea. El límite para el LD estándar se ha elevado a 1.000 UFC/ml y no 100 UFC/ml como marcan algunas de las normas más avanzadas, para ser posibilistas y no dejar fuera parte de los estándares actuales de actuación. Hay que tener en cuenta que la AAMI por estas dificultades prácticas lo mantiene en 2.000 UFC/ml. Se ha escogido 1.000 UFC/ml por ser un nivel de contaminación que se relaciona con la aparición de biofilm, lo que representa un gran problema de contaminación por ser fuente de ET y difícil de eliminar.

Conseguir un LD con una contaminación bacteriana baja implica que sea así la de sus tres componentes. También hay que tener en cuenta que el LD es un medio mejor que el agua para el crecimiento bacteriano por lo que el crecimiento exponencial bacteriano es mayor en el LD que en el agua purificada. A pesar de estas dificultades en un futuro no muy lejano este nivel para el LD deberá ser como el del agua, 100 UFC/ml.





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

ANEXO I

ESPECIFICACIONES GENERALES DEL AGUA DE ALIMENTACION DE LOS EQUIPOS DE OSMOSIS INVERSA

Las tasas de flujo para los equipos de Osmosis Inversa con que cuenta la Institución están basadas en las siguientes especificaciones del agua de alimentación. No deberán excederse estos límites sin consultar al representante de estos equipos:

	Membrana de Acetato de Celulosa	Membrana de Poliamida
Presión de entrada	De trabajo: 30 Psig (2.1 bar)	Igual
	Máximo : 60 Psig (4.1 bar)	Igual
	Mínimo : 20 Psig (1.4 bar)	Igual
Temperatura	De trabajo : 77° F (25° C)	
	Máximo : 104°F (40° C)	
Rango de pH	5.8 – 8.0	5.8 - 10.0
TDS (máximo mg/L)	33 % recuperación: 1000	Igual
	50 % recuperación: 750	Igual
	60 % recuperación: 2500	Igual
	75 % recuperación: 1200	Igual
Índice de Saturación de Langelier del concentrado	0.1 Negativo	Igual
Cloro Libre Continuo (mg/L)	0.2 - 2.0	menor que 0.1
Silt Density Index	Menos de 8	menos de 5
Hierro	Menos de 0.2	Igual



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de "OSMO 23G Series RO MACHINES for Water Purification". OSMONICS - Año 2000

HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

ANEXO II

CONTROL DE CONTAMINANTES QUIMICOS

Elementos incluidos en la AAMI, Eu, Pharm. y Norma UNE 111.

En la tabla siguiente se comparan los niveles admisibles en el agua purificada de los elementos a controlar.

Contaminantes mg/L o ppm	AAMI (1981) (2001)*	UNE111 (1980)	Farmacopea Europea 4.3
1. Sustancias incluidas en los LD			
Calcio	2	2	2
Magnesio	4	4	2
Sodio	70	70	50
Potasio	8	8	2
2. Sustancias tóxicas reguladas para el agua potable			
Antimonio	0,006*		0,006
Arsénico	0,005	0,005	0,005
Bario	0,1	0,1	0,1
Berilio	0,0004*		0,0004
Cadmio	0,001	0,001	0,001
Cromo	0,014	0,014	0,014
Plomo	0,005	0,005	0,005
Mercurio	0,0002	0,0002	0,001
Selenio	0,09	0,09	0,09
Plata	0,005	0,005	0,005
3. Otras sustancias identificadas como tóxicas en diálisis			
Aluminio	0,01	0,01	0,01
Amonio			0,2
Cloraminas o Cl total	0,1	0,1	0,1
Cloro libre	0,5	0,5	0,5
Cloro (cloruros)			50
Cobre	0,1	0,1	0,1
Flúor	0,2	0,2	0,2
Nitrato (como N)	2	2	2
Sulfatos	100	100	50
Talio	0,002*		0,002
Zinc	0,1	0,1	0,1
Metales pesados			0,1
Prueba de acidez o alcalinidad			*
Sustancias oxidantes			*



CLORO Y CLORAMINAS

El cloro se añade al agua potable como bactericida por su gran capacidad oxidante. Esta función la realiza el cloro libre, que difunde rápidamente. La forma de mantener niveles estables de cloro libre es la formación de cloraminas, compuestos mono-bi o triclorados de nitrógeno, que liberan lentamente el cloro. Las cloraminas son capaces de atravesar la mayoría de los sistemas de tratamiento de agua, incluida la ósmosis inversa. Existen fundamentalmente



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

dos sistemas para su eliminación del agua: su reacción con el carbón activado o con el bisulfito de sodio. La elección de un sistema u otro depende de las características del agua a tratar y del pH al que dan lugar estas reacciones. En el caso del agua purificada para HD se recomienda el carbón activado por ser más fácil de mantener y dosificar y por eliminar otros productos orgánicos. El mantenimiento adecuado del carbón y su renovación periódica es fundamental. El paso a la sangre de pequeñas cantidades de cloraminas va a condicionar efectos oxidantes, siendo el más llamativo la hemólisis. Las cloraminas son difíciles de medir por lo que se suele recurrir a estimarlas como la diferencia entre cloro total y cloro libre. Realizando la medición así, los niveles admisibles de cloro total deberían ser inferiores a menos de 0,06 mg/L o los de cloraminas inferiores de 0,05 mg/L.

ALUMINIO

Otro de los temas complejos del LD lo constituye su contenido en aluminio. El aluminio en el agua se presenta como ion, asociado a sales, y en forma coloidal, unido a materia orgánica. Dependiendo del pH la forma iónica puede variar entre un catión trivalente a un anión complejo. Los descalcificadores solo eliminarían sus formas catiónicas. El aluminio coloidal no se podría eliminar con los desionizadores (DI) y solo la ósmosis inversa (OI) sería capaz de eliminarlo. El aluminio se añade en ocasiones al agua como floculante de la materia orgánica, por lo que sus niveles pueden ser muy elevados. En estas situaciones la única forma de conseguir niveles óptimos en el LD es trabajar en serie con dos OI o DI-OI.

Por otro lado, sabemos que el balance de aluminio durante la diálisis se establece entre el aluminio libre o ultrafiltrable del plasma, 5-10% del total, y el aluminio del líquido de diálisis y si queremos hacer un balance claramente negativo, manteniendo niveles de Al en sangre inferiores a 30-50 µg/L, debemos mantener una concentración en el LD inferior a 5 µg/L.

La medición de sustancias, como el aluminio, precisa una metodología exacta, utilizando agujas no metálicas, tubos especiales y evitando todo tipo de contaminaciones.

CONTAMINANTES HABITUALES DEL AGUA

El agua potable no es estéril, contiene contaminantes que se encuentran dentro de unos límites admisibles para el consumo humano, Tabla 1. Estos contaminantes pueden provenir de la propia fuente u origen del agua, de su sistema de distribución o incluso ser añadidos por las autoridades sanitarias con el fin de mejorar sus cualidades de potabilidad o de sabor. Por otro lado, el propio tratamiento del agua y su sistema de distribución pueden ser fuente de contaminación. Así, las resinas de los descalcificadores y desionizadores o el carbón activado pueden ser fuente de contaminación bacteriana, del mismo modo que el uso inadecuado de sistemas de conducción de cobre o plomo o bien la presencia de restos de desinfectantes o desincrustantes, empleados en la esterilización del sistema de tratamiento, pueden ser causantes de graves intoxicaciones.



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Tabla 1
CONTAMINANTES DEL AGUA

<p>1. PARTÍCULAS: Producen la turbidez del agua</p> <ul style="list-style-type: none">* Minerales* Coloides
<p>2. SOLUTOS : Sustancias disueltas / hidrosolubles.</p> <p>Inorgánicos : Iones</p> <ul style="list-style-type: none">* Cationes (Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Pb, etc.)* Aniones (Cl, F, Nitrato, Sulfato, Bicarbonato, etc.) <p>Orgánicos :</p> <ul style="list-style-type: none">* Sustancias orgánicas naturales (Lignina, tanino, etc.)* No naturales<ul style="list-style-type: none">/ provenientes de la agricultura (Insecticidas, pesticidas, abonos, etc.)/ provenientes de la industria (aguas residuales, derivados del petróleo, minería, etc.)* Endotoxinas (provenientes de los microorganismos)
<p>3. MICROORGANISMOS</p> <ul style="list-style-type: none">* Bacterias* Levaduras* Hongos* Protozoos* Virus.
<p>4. SUSTANCIAS AÑADIDAS POR LAS AUTORIDADES SANITARIAS: Cloro, Cloraminas, Sulfato de Aluminio y Flúor. Más raramente, ante la existencia de algas, Sulfato de Cobre.</p>

Las características del agua varían en gran medida de unas ciudades o lugares a otros. Del mismo modo, la estacionalidad influye de forma importante en su composición y se ha observado cómo cambia drásticamente el agua recogida en pantanos o presas en función de que nos encontremos en época de sequía o de lluvias abundantes. Por todo lo anterior, conocer la composición del agua debe ser un requisito imprescindible para diseñar una planta de tratamiento

El presente tema es parte del artículo "La calidad del líquido de hemodiálisis" de Rafael Pérez García y Patrocinio Rodríguez Benítez del Hospital General Universitario Gregorio Marañón-Madrid-España





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA OSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

ANEXO III

PROTOCOLO DE PRUEBAS REFERENCIAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA PARA HEMODIALISIS

PROTOCOLO DE PRUEBAS REFERENCIAL - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA HEMODIALISIS						
CENTRO ASISTENCIAL:						
RED ASISTENCIAL:						
FECHA :						
ALIMENTADOR PRINCIPAL DE AGUA						
N°	SISTEMA HIDRONEUMATICO	VALORES ESPERADOS		UNIDAD	VALORES OBTENIDOS	
01	Alternancia de bombas : manual y automático	SI		sin/unid	SI	NO
02	Amperaje motor eléctrico : BOMBA N° 1A	I_1		Amp.	I_1	
		I_2		Amp.	I_2	
		I_3		Amp.	I_3	
03	Aislamiento bobinado motor eléctrico : BOMBA N° 1A	R		Mohm	R	
04	Amperaje motor eléctrico : BOMBA N° 1B	I_1		Amp.	I_1	
		I_2		Amp.	I_2	
		I_3		Amp.	I_3	
05	Aislamiento bobinado motor eléctrico : BOMBA N° 1B	R		MOhm	R	
06	Presión de trabajo del Tanque Hidroneumático	$P_{arranque}$	P_{parada}	Psig	$P_{arranque}$	P_{parada}
07	Parada de bombas por nivel bajo de agua en el Tanque cisterna	SI		sin/unid	SI	NO
08	Fuga de agua en el sistema	NO		sin/unid	SI	NO





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Evaluación final de la prueba							
Aprobado							
Repetir la prueba							
Aprobado con observaciones							
Desaprobado							
Observaciones							
PRE - TRATAMIENTO							
N°	FILTRO MULTIMEDIA	VALORES ESPERADOS		UNIDAD	VALORES OBTENIDOS		
01	Presión de ingreso del agua	P _{máx}	P _{mín}	Psig	P _{máx}		P _{mín}
02	Presión de salida del agua	P _{máx}	P _{mín}	Psig	P _{máx}		P _{mín}
03	Automatización del ciclo de retrolavado, enjuague y servicio	SI		sin/unid	SI		NO
04	Tiempo de retrolavado			min			
05	Fuga de agua en el sistema	NO		sin/unid	SI		NO
N°	FILTRO DE CARBON ACTIVADO	VALORES ESPERADOS		UNIDAD	VALORES OBTENIDOS		
01	Presión de ingreso del agua	P _{máx}	P _{mín}	Psig	P _{máx}		P _{mín}
02	Presión de salida del agua	P _{máx}	P _{mín}	Psig	P _{máx}		P _{mín}
03	Tiempo de retrolavado			min			

04	Automatización del ciclo de retrolavado, enjuague y servicio	SI		sin/unid	SI		NO
05	Fuga de agua en el sistema	NO		sin/unid	SI		NO
06	Cloro residual a la entrada del equipo			ppm			
07	Cloro residual a la salida del equipo			ppm			
N°	ABLANDADOR DE AGUA DUPLEX	VALORES ESPERADOS		UNIDAD	VALORES OBTENIDOS		
01	Presión de ingreso del agua	P _{máx}	P _{mín}	Psig	P _{máx}		P _{mín}
02	Presión de salida del agua	P _{máx}	P _{mín}	Psig	P _{máx}		P _{mín}
03	Automatización del ciclo de retrolavado, enjuague y servicio	SI		sin/unid	SI		NO
04	Ciclo Programable	SI		sin/unid	SI		NO
05	Programación de capacidad y dureza del agua	SI		sin/unid	SI		NO
06	Tiempo de regeneración			min			
07	Cantidad de sal por regeneración			Kg			
08	Dureza del agua a la entrada expresada en ppm de CaCO ₃			ppm			
09	Dureza del agua a la salida expresada en ppm de CaCO ₃			ppm			
10	Fuga de agua en el sistema	NO		sin/unid	SI		NO

Evaluación final de la prueba							
Aprobado							
Repetir la prueba							
Aprobado con observaciones							
Desaprobado							





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Observaciones							
TRATAMIENTO							
N°	SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA	VALORES ESPERADOS		UNIDAD	VALORES OBTENIDOS		
01	Porcentaje de recuperación			%			
02	Porcentaje de retención			%			
03	Temperatura			° C			
04	Conductividad a la entrada del equipo de osmosis			µsiem/cm			
05	Conductividad del permeado			µsiem/cm			
06	Conductividad del concentrado			µsiem/cm			
07	Caudal del permeado			GPM			
08	Caudal del concentrado			GPM			
09	Presión primaria de membranas			Psig			
10	Presión final de membranas			Psig			
11	Presión primaria del pre-filtro			Psig			
12	Presión final del pre-filtro			Psig			
13	PH del agua de ingreso al equipo de O.I.						
14	PH del agua concentrada						
15	PH del agua permeada						
16	Autoflush programable	SI		sin/unid	SI		NO
17	Electrobomba del sistema de O.I. de operación silenciosa	SI		sin/unid	SI		NO
18	Amperaje motor eléctrico electrobomba del sistema de O.I.	I_1		Amp	I_1		
		I_2		Amp	I_2		
		I_3		Amp	I_3		
19	Aislamiento de motor eléctrico electrobomba anterior	R		MOhm	R		
20	Producción mínima			GPD			
21	Fuga de agua en el sistema	NO		sin/unid	SI		NO
Alarmas audiovisuales		VALORES ESPERADOS		UNIDAD	VALORES OBTENIDOS		
22	Bajo caudal de permeado	Q_{min}		GPM	Q_{min}		
23	Bajo porcentaje de retención	% min		%	% min		
24	Alta caída de presión de las membranas	$(P_f - P_e)_{m\acute{a}x}$		Psig	$(P_f - P_e)_{m\acute{a}x}$		
25	Alta presión del permeado	$P_{m\acute{a}x}$		Psig	$P_{m\acute{a}x}$		
26	Alta conductividad del permeado	$S_{m\acute{a}x}$		µsiem/cm	$S_{m\acute{a}x}$		
27	Alta caída de presión de los pre-filtros	$(P_f - P_e)_{m\acute{a}x}$		Psig	$(P_f - P_e)_{m\acute{a}x}$		
Parada del equipo de Osmosis Inversa por :		VALORES ESPERADOS			VALORES OBTENIDOS		
28	Alto / Bajo pH	$pH_{m\acute{a}x}$	$pH_{m\acute{i}n}$	sin/unid	$pH_{m\acute{a}x}$	$pH_{m\acute{i}n}$	
29	Alta temperatura	$T_{m\acute{a}x}$		° C	$T_{m\acute{a}x}$		
30	Alta / Baja presión primaria de membranas	$P_{m\acute{a}x}$	$P_{m\acute{i}n}$	Psig	$P_{m\acute{a}x}$	$P_{m\acute{i}n}$	
31	Baja presión de ingreso del agua al equipo	$P_{m\acute{i}n}$		Psig	$P_{m\acute{i}n}$		
32	Tanque de almacenamiento de agua osmotizada lleno	SI		sin/unid	SI		NO





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Evaluación final de la prueba						
Aprobado						
Repetir la prueba						
Aprobado con observaciones						
Desaprobado						
Observaciones						
ALMACENAMIENTO DE AGUA OSMOTIZADA						
N°	ELECTROBOMBAS, TK. DE ALMAC. Y TK. HIDRONEUMÁTICO	VALORES ESPERADOS		UNIDAD	VALORES OBTENIDOS	
01	Alternancia de bombas Manual y Automático	SI		sin/Unid	SI	NO
02	Parada de bombas por bajo nivel de agua en tanques de almacenamiento de agua osmotizada	SI		sin/Unid	SI	NO
03	Amperaje motor eléctrico BOMBA N° 2A	I_1		Amp.	I_1	
		I_2		Amp.	I_2	
		I_3		Amp.	I_3	
04	Aislamiento bobinado motor eléctrico BOMBA N° 2A	R		MOhm	R	
05	Amperaje motor eléctrico BOMBA N° 2B	I_1		Amp.	I_1	
		I_2		Amp.	I_2	
		I_3		Amp.	I_3	
06	Aislamiento bobinado motor eléctrico BOMBA N° 2B	R		MOhm	R	
07	Presión de trabajo de los tanques hidroneumáticos	P_{atm1}	P_{atm2}	Psig	P_{atm1}	P_{atm2}
08	Presión de regulación de la válvula de alivio	P_{regul}		Psig		
09	Tablero de control de bombas con mando electrónico (PLC o microcontrolador)	SI		sin/Unid	SI	NO
10	Fuga de agua en el sistema	NO		sin/Unid	SI	NO
Evaluación final de la prueba						
Aprobado						
Repetir la prueba						
Aprobado con observaciones						
Desaprobado						
Observaciones						





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

POST - TRATAMIENTO						
N°	EQUIPO ESTERILIZADOR ULTRAVIOLETA N° 1	VALORES ESPERADOS	UNIDAD	VALORES OBTENIDOS		
01	Encendido / Apagado : lámpara UV	SI	sin/unid	SI		NO
02	Funcionamiento cronómetro de operación : lámpara UV	SI	sin/unid	SI		NO
03	Fuga de agua en el sistema	NO	sin/unid	SI		NO
N°	EQUIPO ESTERILIZADOR ULTRAVIOLETA N° 2	VALORES ESPERADOS	UNIDAD	VALORES OBTENIDOS		
01	Encendido / Apagado : lámpara UV	SI	sin/unid	SI		NO
02	Funcionamiento cronómetro de operación : lámpara UV	SI	sin/unid	SI		NO
03	Fuga de agua en el sistema	NO	sin/unid	SI		NO
N°	FILTROS	VALORES ESPERADOS	UNIDAD	VALORES OBTENIDOS		
01	Calda de presión filtro N° 1	(Pf - Pe)	Psig	(Pf - Pe)		
02	Calda de presión filtro N° 2	(Pf - Pe)	Psig	(Pf - Pe)		
03	Fuga de agua en el sistema	NO	sin/unid	SI		NO
Evaluación final de la prueba						
Aprobado						
Repetir la prueba						
Aprobado con observaciones						
Desaprobado						
Observaciones						

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA PRODUCTO (versus Normas AAMI)				
N°	Contaminante	Máxima Concentrac.	Unidad	Resultado del Análisis
01	Aluminum	0.01	mg/L	
02	Arsenic	0.005	mg/L	
03	Barium	0.1	mg/L	
04	Cadmium	0.001	mg/L	
05	Calcium	2.0	mg/L	
06	Magnesium	4.0	mg/L	
07	Free Chlorine	0.5	mg/L	
08	Chromium	0.014	mg/L	
09	Copper	0.1	mg/L	
10	Fluoride	0.2	mg/L	
11	Lead	0.005	mg/L	
12	Mercury	0.0002	mg/L	
13	Nitrate (como N)	2.0	mg/L	
14	Potassium	8.0	mg/L	
15	Selenium	0.097	mg/L	
16	Silver	0.005	mg/L	
17	Sodium	70.0	mg/L	
18	Sulfate	100.0	mg/L	
19	Zinc	0.1	mg/L	





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

Evaluación final de la prueba				
Aprobado				
Repetir la prueba				
Aprobado con observaciones				
Desaprobado				
Observaciones				
ANÁLISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA PRODUCTO				
N°	Contaminante	Máxima Concentración	Unidad	Resultado del Análisis
01	Coliformes fecales	0		
02	Coliformes totales	0		
03	Pseudomonas	0		
04	Organismos Heterótrofos	200	cfu/ml	
05	Endotoxinas	< 0.25 (Prueba LA)	UE/ml	
Evaluación final de la prueba				
Aprobado				
Repetir la prueba				
Aprobado con observaciones				
Desaprobado				

Observaciones			
PROFESIONALES ENCARGADOS DE REALIZAR LAS PRUEBAS			
POR EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO			
N°	NOMBRES Y APELLIDOS DEL PROFESIONAL	CARGO / ODC	FIRMA
01			
02			
03			
POR EL PROVEEDOR			
N°	NOMBRES Y APELLIDOS DEL PROFESIONAL	CARGO	FIRMA
01			
02			
03			
04			





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS				
Nº	Denominación del Equipo / Instrumento	Marca	Modelo	Nº Serie
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				





HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL

UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO

ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

ANEXO IV

FORMATOS DE CONTROL DIARIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



SANITIZACION Y DESINFECCION SEMANAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA Y SUMINISTRO AGUA TRATADA A LA UNIDADES DE CENTROS DE HEMODIALISIS Y MAQUINAS DE HEMODIALISIS

CENTRO DE HEMODIALISIS HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO

Técnico responsable: _____

Fecha: _____

SANITIZACION SEMANAL PLANTA DE TTO DE AGUA		Check de operación Realizada	PRUEBAS DE TEST POS SANITIZACION																																																																																			
Lavado y desinfección de tanque No 1			Test de presencia de ácido peracético.																																																																																			
Lavado y desinfección de tanque No 2			Test de presencia de cloro.																																																																																			
Lavado y recarga de salmuera			Test de Ph.																																																																																			
Limpieza de equipo de Osmosis Inversa			Test de Calcio presencia de agua dura																																																																																			
Limpieza de Pre- filtros.			Test de Cloramina																																																																																			
Desinfección de anillo de distribución No 1			Sanitización de Máquinas de Hemodiálisis <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Puesto de máquina</th> <th>No de Serie Máquinas de HD</th> <th>Limpieza Integral de Máquinas de HD.</th> <th>Desinfección Semanal Química+L.S.F.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>55XACQ89</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>55XACQ91</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>55XACQ86</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>55XACQ85</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>55XACQ87</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>55XACQ92</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>55XACQ88</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>55XACQ90</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Puesto de máquina	No de Serie Máquinas de HD	Limpieza Integral de Máquinas de HD.	Desinfección Semanal Química+L.S.F.	1	55XACQ89			2	55XACQ91			3	55XACQ86			4	55XACQ85			5	55XACQ87			6	55XACQ92			7	55XACQ88			8	55XACQ90			9				10				11				12				13				14				15				16				17				18				19			
Puesto de máquina	No de Serie Máquinas de HD	Limpieza Integral de Máquinas de HD.					Desinfección Semanal Química+L.S.F.																																																																															
1	55XACQ89																																																																																					
2	55XACQ91																																																																																					
3	55XACQ86																																																																																					
4	55XACQ85																																																																																					
5	55XACQ87																																																																																					
6	55XACQ92																																																																																					
7	55XACQ88																																																																																					
8	55XACQ90																																																																																					
9																																																																																						
10																																																																																						
11																																																																																						
12																																																																																						
13																																																																																						
14																																																																																						
15																																																																																						
16																																																																																						
17																																																																																						
18																																																																																						
19																																																																																						
Desinfección de anillo de distribución No 2																																																																																						
Limpieza de electrobombas agua dura y tratada																																																																																						
Control Sist. Automático anillos 1y2 de Agua Tratada																																																																																						
Presión de arranque de Bombas Agua Tratada en PSI	B1:	B2:																																																																																				
Presión de parada de Bombas de Agua tratada en PSI	B1:	B2:																																																																																				
Días de trabajo de Equipo de L.U.V	↓																																																																																					
Control de Filtros de Sedimentación y Absolutos																																																																																						
	Estado Actual																																																																																					
	B: Bueno	C: Cambio																																																																																				
Filtro de 5 micras																																																																																						
Filtro de 0.22 micras																																																																																						
Filtro de 0.45 micras																																																																																						
Filtros de venteo.																																																																																						
Control del Equipo de Osmosis Inversa																																																																																						
Presión de ent. 1er Paso arranque -Parada PSI	→																																																																																					
Presión de membranas Primer Paso en PSI	→																																																																																					
Caudal de agua producto 1er paso en L/min.	→																																																																																					
Caudal de agua de rechazo 1er paso en l/min.	→																																																																																					
Conductividad de agua producto en Us	→																																																																																					
Presión de membranas 2do Paso en PSI	→																																																																																					
Caudal de agua producto 2do paso en L/min.	→																																																																																					
Caudal de agua de rechazo 2do paso	→																																																																																					
Conductividad de agua producto 2do paso	→																																																																																					
Conductividad de agua retorno de anillo 1	→																																																																																					
Conductividad de agua retorno de anillo 2	→																																																																																					

Observaciones _____

 Firma del técnico

 FIRMA MÉDICO TURNO



HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO MMALL
UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
ÁREA ÓSMOSIS INVERSA – HEMODIÁLISIS

PUNTOS PRUEBAS	CLORO	TURBIDEZ	CONDUCTIVIDAD	PH	DUREZA TOTAL
	< 0.1 mg/L	< 1 UNT	< 5.00 µs/cm	6.5 – 7.5	< 2 mg/L
INGRESO A PLANTA					
RETORNO					
SALA HD					

VIII. REFERENCIAS

1. Ingeniería Biomédica on the Net: Máquinas de Hemodiálisis.
2. Osmonics : Operation and Maintenance Manual - OSMO 23G Series RO Machines 2001.
3. USFilter, Water Purification Products Catalog.
4. yivendi Water Systems, Manual de Mantenimiento y Operación de Plantas de Tratamiento de Agua para Hemodiálisis (ESSALUD)- 2001.
5. Water Treatment for Hemodialysis, Including the latest AAMI Standars/ Nephrology Nursing Journal, December 2001, Vol 28, W 6.
6. Rafael Pérez-García, Patrocinio Rodríguez Benites, Segundo Congreso Internacional de Nefrología.
7. Paul Mueller & David Paulson, Filtration News: Microbial Control and Sanitization of Membrane-Based Pure Water Treatment Systems, 1997.
8. Rafael Pérez-García, Patrocinio Rodríguez-Benitez: La calidad del líquido de hemodiálisis, 1991.
9. Javier Guerediaga, José Manuel Melón: Agua de diálisis, 2000.
10. Zyzatech, Technote 119: Most commonly asked questions, 1996.
11. Zyzatech, Technote 120: Glossary of Terms, 1996.
12. R. Pérez García, E. Gonzáles y otros, Guías de Gestión de Calidad del Líquido de Diálisis, 2004.

