

CALIDAD DE AGUA PARA HEMODIÁLISIS

HERNÁN TRIMARCHI
2008

PREGUNTAS A RESPONDER

- 1. ¿POR QUÉ TRATAR EL AGUA PARA HEMODIÁLISIS?**
- 2. ¿CUÁL ES LA CALIDAD BUSCADA?**
- 3. ¿CON QUÉ TRATAR EL AGUA?**
- 4. ¿CÓMO EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA?**
- 5. ¿CÓMO MANTENER LA CALIDAD LOGRADA?**

1

¿POR QUÉ TRATAR EL AGUA PARA HEMODIÁLISIS?

TOXICIDAD DEL AGUA PARA DIÁLISIS

MODO DE EXPOSICIÓN

Tabla 3. Susceptibilidad de los pacientes a los tóxicos del agua y dializado.

Modo de exposición	Sujetos normales	Pacientes en HD
Magnitud	14 l/semana	360-720 l/semana
Mecanismo	Selectivo	No-selectivo
	(pared tracto GI)	(memb. semipermeable)
Eliminación	Excreción renal	Sin excreción renal

1.1. TOXICIDAD DEL AGUA PARA DIÁLISIS

ALTA Y POTENCIAL TOXICIDAD DE LOS SOLUTOS NO DESEADOS PRESENTES EN EL AGUA

LOS PATÓGENOS PUEDEN SER:

ORGÁNICOS: sales

INORGÁNICOS: sales, metales

BIOLÓGICOS: bacterias, endotoxinas

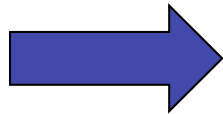
PROPIOS DEL AGUA

AGREGADOS AL AGUA

TODO MATERIAL O INSUMO QUE TOME CONTACTO CON AGUA PARA DIÁLISIS DEBE TENER IDENTIFICADA SU CAPACIDAD PARA DESPRENDER SOLUTOS TÓXICOS. EL PROVEEDOR DEBE INDICAR LA FORMA DE LIMPIARLOS O FORMAS QUÍMICAS SENCILLAS PARA SU DETECCIÓN

EJEMPLOS:

**ALUMINIO
CLORO
FLUOR**



**AGREGADOS EN LA PLANTA
POTABILIZADORA**

EQUIPOS CONSTRUIDOS CON MATERIALES INADECUADOS

UTILIZACIÓN DE INSUMOS: sales, resinas, regenerantes, sanitizantes

ALGUNAS CONSECUENCIAS CLÍNICAS:

ALUMINIO: osteodistrofia, encefalopatía, anemia, calcificaciones vasculares

CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICO-PIRÓGENA:

AGUDA: hipotensión, escalofríos, fiebre

CRÓNICA: anorexia, desnutrición, anemia

ALGUNAS EXPOSICIONES Y CORRELATOS CLÍNICOS

Contaminantes	Nivel tóxico (mg/l)
Aluminio	0,06
Cloro (libre)	1
Flúor	1
Cobre	0,49
Zinc	0,2
Nitrato (N)	21
Sulfato	200
Calcio/magnesio	88
Sodio	300
Bacterias	> 200 ufc/ml

Signos y síntomas	Tóxicos relacionados
Anemia	Al, Cl, Cu, Zn
Enfermedad ósea	Al, F
Hemólisis	Cl, Cu, nitratos
Hipertensión	Ca, Na
Hipotensión	Bact., endotox, nitratos
Acidosis metabólica	Sulfatos, pH bajo
Debilidad muscular	Ca, Mg
Náuseas y vómitos	Bact., endotox., Ca, Cu, Mg, Zn, nitratos, sulfatos
Deterioro SNC	Al

Contaminant	Maximum Concentration (mg/l = ppm)	
	AAMI	European Pharmacopoeia
Substances included in dialysis fluids		
Calcium	2 (0.1 mEq/l)	2
Magnesium	4 (0.3 mEq/l)	2
Potassium	8 (0.2 mEq/l)	2
Sodium	70 (3.0 mEq/l)	50
Toxic substances regulated by the Safe Drinking Water Act		
Arsenic	0.005	-
Barium	0.01	-
Cadmium	0.001	-
Chromium	0.014	-
Lead	0.005	-
Mercury	0.0002	0.001
Selenium	0.09	-
Silver	0.005	-
Other substances identified as toxic in dialysis		
Aluminium	0.01	0.01
Ammonium	-	0.2
Chloramines	0.10	-
Free Chlorine	0.5	0.1
Chloride	-	50
Copper	0.1	-
Fluoride	0.2	0.2
Nitrate	2.0	2.0
Sulfate	100	50
Zinc	0.1	0.1
Heavy metals	-	0.1

Standard	Water		Dialysis fluid	
	Viable Counts (CFU/ml)	Endotoxin	Viable counts (CFU/ml)	Endotoxin
European Pharmacopoeia (1997) (13)	≤ 100	≤ 0.25 IU/ml	n.s.	n.s.
German Dialysis Standard (1993) (18)	< 200	n.s.	< 2,000 sterility requested	pyrogen free requested
Japanese Society for Dialysis Therapy (1995) (19)	n.s.	n.s.	< 100	< 0.25 EU/ml
Swedish Pharmacopoeia (1997) (20)	< 100	< 0.25 IU/ml	< 100	< 0.25 IU/ml
Canadian Standard Association (CSA) (1986) (21)	≤ 200	< 1 ng/ml	n.s.	n.s.
AAMI Standard USA (1996) (12)	≤ 200	n.s.	≤ 2,000	n.s.

ACTUALMENTE SE HAN COMUNICADO CON CONCENTRACIONES EN AGUA DE ALUMINIO ENTRE 2 – 10 µg/l (0.002-0.10 mg/l) Y CON CONTEO DE BACTERIAS < 200 UFC/ml, MANIFESTACIONES DE INTOXICACIÓN CRÓNICA, TALES COMO HUESO ADINÁMICO Y MICS.

ESTAS COMPLICACIONES A SU VEZ SE ASOCIAN CON:

- > CALCIFICACIONES CARDIOVASCULARES**
- > MORBIMORTALIDAD CARDIOVASCULAR**
- > DESNUTRICIÓN**

CONCLUSIONES:

LOS MOTIVOS DE LA NECESIDAD DEL TRATAMIENTO DEL AGUA PARA HEMODIÁLISIS SON:

A. TOXICIDAD COMPROBADA DE LOS SOLUTOS

B. ALTO MODO DE EXPOSICIÓN A ELLA POR PARTE DEL PACIENTE

2

¿CUÁL ES LA CALIDAD BUSCADA?

**A FINES DE LOS '70, LA FDA LE ENCARGÓ A LA AAMI
(ADVANCED ASSOCIATION FOR MEDICAL INSTRUMENTATION)
EL DESARROLLO DE UN CONSENSO PARA ACORDAR NORMAS
QUE CONTROLASEN LOS RIESGOS Y PELIGROS ASOCIADOS
CON LA PRÁCTICA DE LA HEMODIÁLISIS**

Tabla 4. Normas AAMI RD5-198; RD62-2001*; RD52-2004*. Calidad de agua para HD. Niveles máximos de contaminantes permitidos.

Grupo 1 (mg/l)	Grupo 2 (mg/l)	Grupo 3 (mg/l)	Bacteriología (ufc/ml)	Pirógenos (UE/ml)
Aluminio 0,01	Arsénico 0,005	Calcio 2	Agua: 200	(Agua para reúso: 5)
Cloro (libre) 0,5	Plomo 0,005	Magnesio 4	Nivel de acción: 50	Agua para reúso: 2
Cloraminas 0,1	Plata 0,005	Potasio 8	(Dializado: 2000)	Nivel de acción: 1
Cobre 0,1	Cadmio 0,001	Sodio 70	Dializado: 200	Agua para HD: 2
Bario 0,1	Cromio 0,014		Nivel de acción: 50	Nivel de acción: 1
Zinc 0,1	Selenio 0,09			
Fluor 0,2	Mercurio 0,0002			
Nitrato (N) 2,0	Antimonio 0,006		Dializado <i>ultrapuro</i>	Dializado <i>ultrapuro</i>
			0,1 ufc/ml	0,03 UE/ml
Sulfato 100,0	Berilio 0,0004			
	Cianuro 0,02			
	Talio 0,002			

Tabla 4. Normas AAMI RD5-198; RD62-2001*; RD52-2004*. Calidad de agua para HD. Niveles máximos de contaminantes permitidos.

Grupo 1 (mg/l)	
Aluminio 0,01	
Cloro (libre) 0,5	
Cloraminas 0,1	
Cobre 0,1	
Bario 0,1	
Zinc 0,1	
Fluor 0,2	<p style="text-align: center;"><u>Grupo 1</u> Se incluyeron tóxicos reconocidos en hemodiálisis y la norma fue establecida en concentraciones entre 2 y 10 veces < al nivel tóxico mínimo</p>
Nitrato (N) 2,0	
Sulfato 100,0	

Tabla 4. Normas AAMI RD5-198; RD62-2001*; RD52-2004*. Calidad de agua para HD. Niveles máximos de contaminantes permitidos.

Grupo 2 (mg/l)
Arsénico 0,005
Plomo 0,005
Plata 0,005
Cadmio 0,001
Cromio 0,014
Selenio 0,09
Mercurio 0,0002
Antimonio 0,006
Berilio 0,0004
Cianuro 0,02
Talio 0,002

Grupo 2
Se incluyeron tóxicos potenciales en agua potable y la norma fue establecida en concentraciones 10 veces < al nivel tóxico mínimo

Tabla 4. Normas AAMI RD5-198; RD62-2001*; RD52-2004*. Calidad de agua para HD. Niveles máximos de contaminantes permitidos.

	Grupo 3 (mg/l)	
	Calcio 2	
	Magnesio 4	
	Potasio 8	
	Sodio 70	
		<p style="text-align: center;"><u>Grupo 3</u> Incluyeron sustancias fisiológicas que si superaban los niveles recomendados, podrían alcanzar concentraciones peligrosas en el dializado, produciendo hipernatremias, hipercalcemias, etc</p>

Tabla 4. Normas AAMI RD5-198; RD62-2001*; RD52-2004*. Calidad de agua para HD. Niveles máximos de contaminantes permitidos.

	Bacteriología (ufc/ml)	Pirógenos (UE/ml)
<p style="text-align: center;">El nivel de contaminación bacteriológica y pirógenica se basó en estudios epidemiológicos</p>	Agua: 200	(Agua para reuso: 5)
	Nivel de acción: 50	Agua para reuso: 2
	(Dializado: 2000)	Nivel de acción: 1
	Dializado: 200	Agua para HD: 2
	Nivel de acción: 50	Nivel de acción: 1
	Dializado <i>ultrapuro</i> 0,1 ufc/ml	Dializado <i>ultrapuro</i> 0,03 UE/ml

Revisiones en 1992, 2001 y 2004

**Tabla 5. Situación actual de la Norma de Calidad del agua para diálisis.
Niveles máximos de contaminantes permitidos.**

Calidad	Norma vigente	Niveles de acción	Estándar óptimo
1- Química	AAMI RD52-2004 (Tabla 4) E Ph: ídem	OI: cond. nominal x 2 DI: cond. 1 uS/cm	Cond. < 1,2 uS/cm Al < 2 µg/l
2- Bacteriológica <i>agua pura</i>	AAMI: 200 ufc/ml E Ph: 100 ufc/ ml	AAMI: 50 ufc/ml E Ph: 20 ufc/ml	Estéril 0,000001 ufc/ml
<i>agua ultrapura</i>	AAMI: 0,1 ufc/ ml E Ph: 0,1 ufc/ ml	-	
3- Pirogénica <i>agua pura</i>	AAMI: 2 UE/ml E Ph: 0,25 UE/ ml	AAMI: 1 UE/ml E Ph: -	Apirógeno 0,03 UE/ml
<i>agua ultrapura</i>	AAMI: 0,03 UE/ml E Ph: 0,03 UE/ml	-	

CONDUCTIVIDAD: la inversa de la resistividad

CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA= $\frac{\text{densidad de la corriente}}{\text{fuerza del campo eléctrico}}$

Debido a que los principales solutos en la diálisis son electrolitos, el grado de concentración del líquido de diálisis se reflejará por su conductividad electrolítica

A > conductividad, > cn de electrolitos

A > conductividad, < cn de “agua libre”

[mS/cm] microsiemen/cm

Siemen= $1/\Omega$

Ohmio: Unidad de resistencia eléctrica $R = \frac{\Delta V [V]}{i [A]} = \Omega$ *ohmio*
amperio

Voltio: La fuerza electromotriz que aplicada a un conductor con resistencia = 1Ω , produce una corriente de intensidad = $1 A$

RESISTIVIDAD: la inversa de la conductividad

Es la acción de ejercer resistencia, es decir, la de oponerse a un movimiento

La resistividad de un líquido aumenta a medida que los electrolitos disminuye

A > resistividad, < concentración de electrolitos

A > resistividad, > concentración de “agua libre”

CONDUCTIVIDAD NOMINAL: ES LA QUE LOGRA UN EQUIPO, EN ÓPTIMAS CONDICIONES, EN LAS PRIMERAS HORAS DE TRABAJO.

SI ES DE 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, al llegar a 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, CORREGIR. DEBE DIARIAMENTE.

**TANTO AAMI COMO E Ph SON NORMAS PARA LOGRAR
UN ESTANDAR DE CALIDAD MÍNIMO**

ES RESPONSABILIDAD DEL MÉDICO A CARGO

VER QUÉ PUNTO DE LA TABLA, ENTRE:

NORMA VIGENTE (obligatorio) Y ESTANDAR ÓPTIMO (voluntario)

SERÁ EL APLICABLE EN EL SERVICIO

3

¿CON QUÉ TRATAR?

**LA SELECCIÓN SALE DE COTEJAR:
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO
DEL AGUA CORRIENTE
CONTRA LOS NIVELES DE CALIDAD DE AGUA DESEADOS**

SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO

3.1 TRATAMIENTO

3.2 ALMACENAMIENTO

3.3 DISTRIBUCIÓN

3.4 CONTROL

3.5 LIMPIEZA

3.6 SANITIZADO

**EL AGUA QUE ALIMENTA AL TRATAMIENTO, LA ÓSMOSIS INVERSA (OI),
DEBE SER PRE-TRATADA CON EL OBJETO DE PRESERVAR
Y/O MEJORAR EL RENDIMIENTO Y LA VIDA ÚTIL DE LAS MEMBRANAS**

3.1

4 TÉCNICAS BÁSICAS:

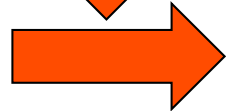
A. FILTRACIÓN

B. INTERCAMBIO IÓNICO

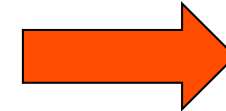
C. ADSORCIÓN

D. MICROFILTRACIÓN

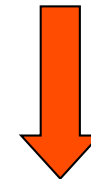
AGUA CRUDA



AGUA PRE-TRATADA



OI



AGUA TRATADA

3.1

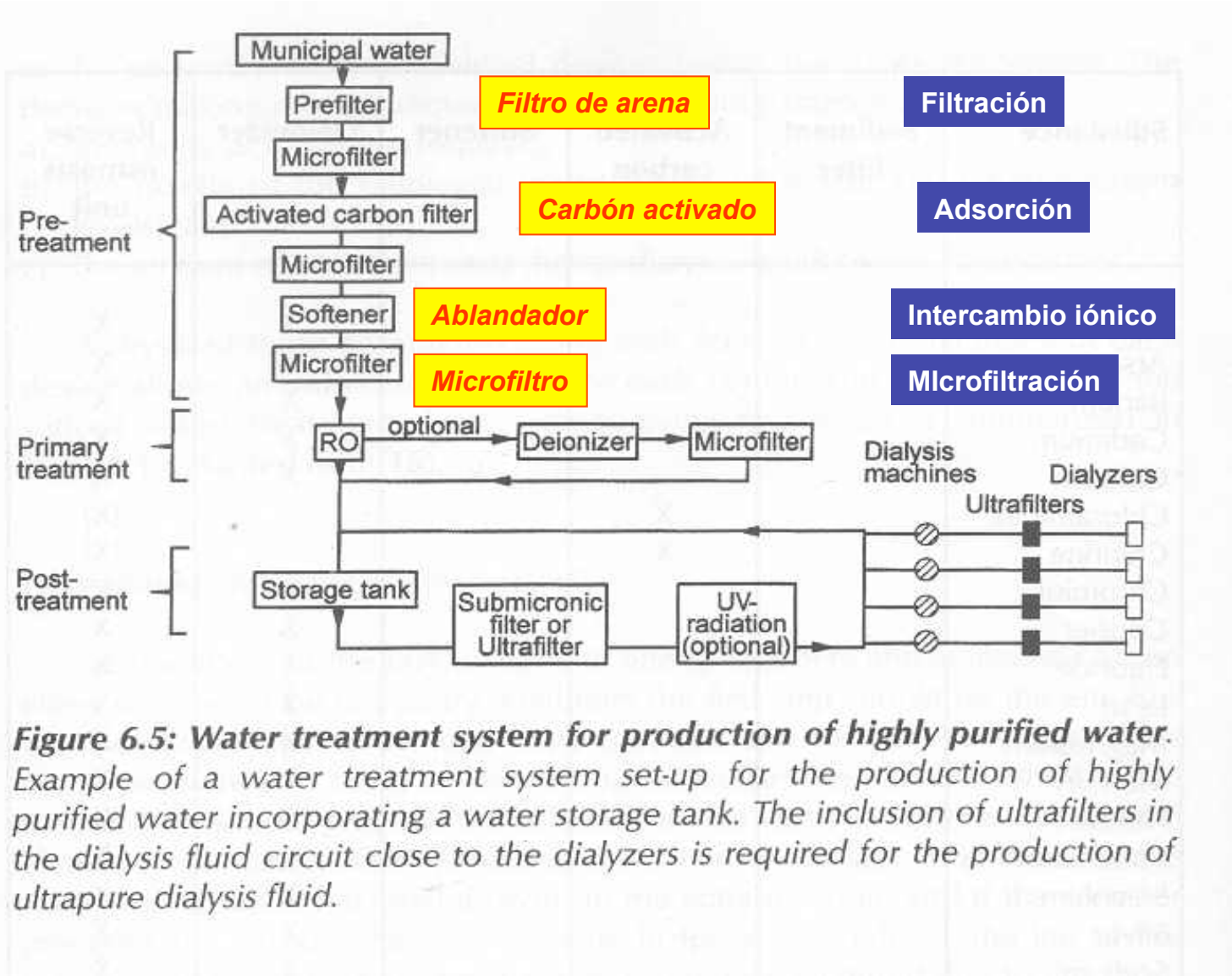


Figure 6.5: Water treatment system for production of highly purified water. Example of a water treatment system set-up for the production of highly purified water incorporating a water storage tank. The inclusion of ultrafilters in the dialysis fluid circuit close to the dialyzers is required for the production of ultrapure dialysis fluid.

A. FILTRACIÓN FILTRO DE ARENA

ELIMINA PARTÍCULAS SUSPENDIDAS (NO DISUELTAS) COMO ARCILLAS, COLOIDES, EN EL AGUA CRUDA, QUE DAÑAN LAS MEMBRANAS ALTERANDO LA TURBIEDAD Y EL SLIT INDEX

EL MEJOR ES EL FILTRO DE PROFUNDIDAD O DE ARENA.

TANQUE DE PRFV (POLIETILENO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO) PINTADO POR DENTRO CON RESINA EPOXI.

EL MANTO FILTRANTE ESTÁ COMPUESTO DE 3 LECHOS DE DIFERENTES GRANULOMETRÍAS Y DENSIDADES (ANTRACITA, ARENA FINA Y GRAVA).

**EL DE MAYOR TAMAÑO EFECTIVO Y MAYOR PESO ESPECÍFICO SE COLOCA EN LA PARTE SUPERIOR,
LA ARENA EN EL MEDIO
LA ANTRACITA HACE DE SOPORTE**

LA FILTRACIÓN SE PRODUCE POR SIMPLE CRIBADO DE LAS PARTÍCULAS QUE QUEDAN ATRAPADAS EN LOS INTERSTICIOS DEL MANTO GRANULAR
“sistema de napa”

A MEDIDA QUE LOS ESPACIOS INTERGRANULARES SE LLENAN, EL FLUJO DE AGUA DECRECE, Y LA CAÍDA DE PRESIÓN AUMENTA POR EL ROZAMIENTO.
ASÍ EL FILTRO DEBERÁ RETROLAVARSE CON FLUJO OPUESTO AL DE SERVICIO PARA ELIMINAR LAS PARTÍCULAS RETENIDAS Y RECUPERAR LA CAPACIDAD FILTRANTE

REMUEVE PARTÍCULAS ENTRE 500 μm Y 5 μm

B. INTERCAMBIO IÓNICO

ABLANDADOR

**SE ELIMINAN IONES CALCIO Y MAGNESIO, QUE PUEDEN ESCALDEAR LA OI
DISMINUYEN LA DUREZA DEL AGUA**

**TANQUE DE PRFV (POLIETILENO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO)
CON UN LECHO DE RESINA DE INTERCAMBIO CATIÓNICA SÓDICA
QUE INTERCAMBIA SODIO POR CALCIO, MAGNESIO Y IONES BIVALENTES**

CAMBIA LA CAPACIDAD INCRUSTANTE DEL AGUA

**UNA VEZ AGOTADA, SE REGENERA CON CLORURO DE SODIO,
EN UN PROCESO QUE DURA UNAS 2 HORAS Y QUE CONSISTE EN:
RETROLAVADO DEL LECHO**

**PASAJE DE SALMUERA
LAVADO LENTO
LAVADO RÁPIDO**

**LA FRECUENCIA DE REGENERACIÓN DEPENDE DE:
DUREZA DEL AGUA, CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE LA RESINA,
DOSIS DE SALMUERA, CAUDAL DE AGUA Y HORAS DE FUNCIONAMIENTO**

C. ADSORCIÓN

CARBÓN ACTIVADO

SORBENTE USADO PARA ELIMINAR ELEMENTOS ORGÁNICOS Y AGENTES REACTIVOS COMO EL CLORO LIBRE

LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRODUCEN ENSUCIAMIENTO MIENTRAS QUE EL CLORO LIBRE DEGRADA LA MEMBRANA DE OI

ES UN RECIPIENTE DE PRFV CON UN LECHO GRANULAR DE CARBÓN ACTIVADO.

LOS ELEMENTOS SE FIJANA LOS POROS DEL CARBÓN

LA EFICIENCIA DEPENDE DEL TIEMPO DE CONTACTO

SE SUGIEREN 2 FILTROS EN SERIE CON TIEMPOS DE CONTACTO ENTRE 3 A 5 MINUTOS EN CADA UNO DE ELLOS.

D. MICROFILTRACIÓN

MICROFILTRO

**PROTEGER LA BOMBA Y LAS MEMBRANAS DE LA OI
POR LA EXISTENCIA DE MICROPARTÍCULAS**

ES UNA CARCAZA Y UN CARTUCHO

ALGODÓN, POLIESTER, POLIETILENO, TEFLÓN

DEBERÍA HABER UN SISTEMA DE MICROFILTROS EN SERIE:

25 μm , 10 μm y 5 μm

Indicadores de capacidad de "ensuciamiento" y "oclusión" del agua de alimentación.	(a) Turbiedad	≤ 1 NTU
	(b) Silt Index	< 5
	(c) Índice de Langelier Dureza (como <i>carbonato de calcio</i>)	< 0 < 10 mg/l
	(d) Hierro disuelto	$< 0,05$ mg/l
	(e) Contaminación bacteriana	< 200 UFC/ml
Indicadores de capacidad de "degradación" del agua de alimentación.	(f) Cloro libre	$< 0,1$ mg/l
	(g) pH de operación continua pH de limpieza (exposición $\leq 30'$)	2-11 1-12
	(h) Degradación bacteriana	(-)

ESQUEMA DE UNA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE AGUA Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

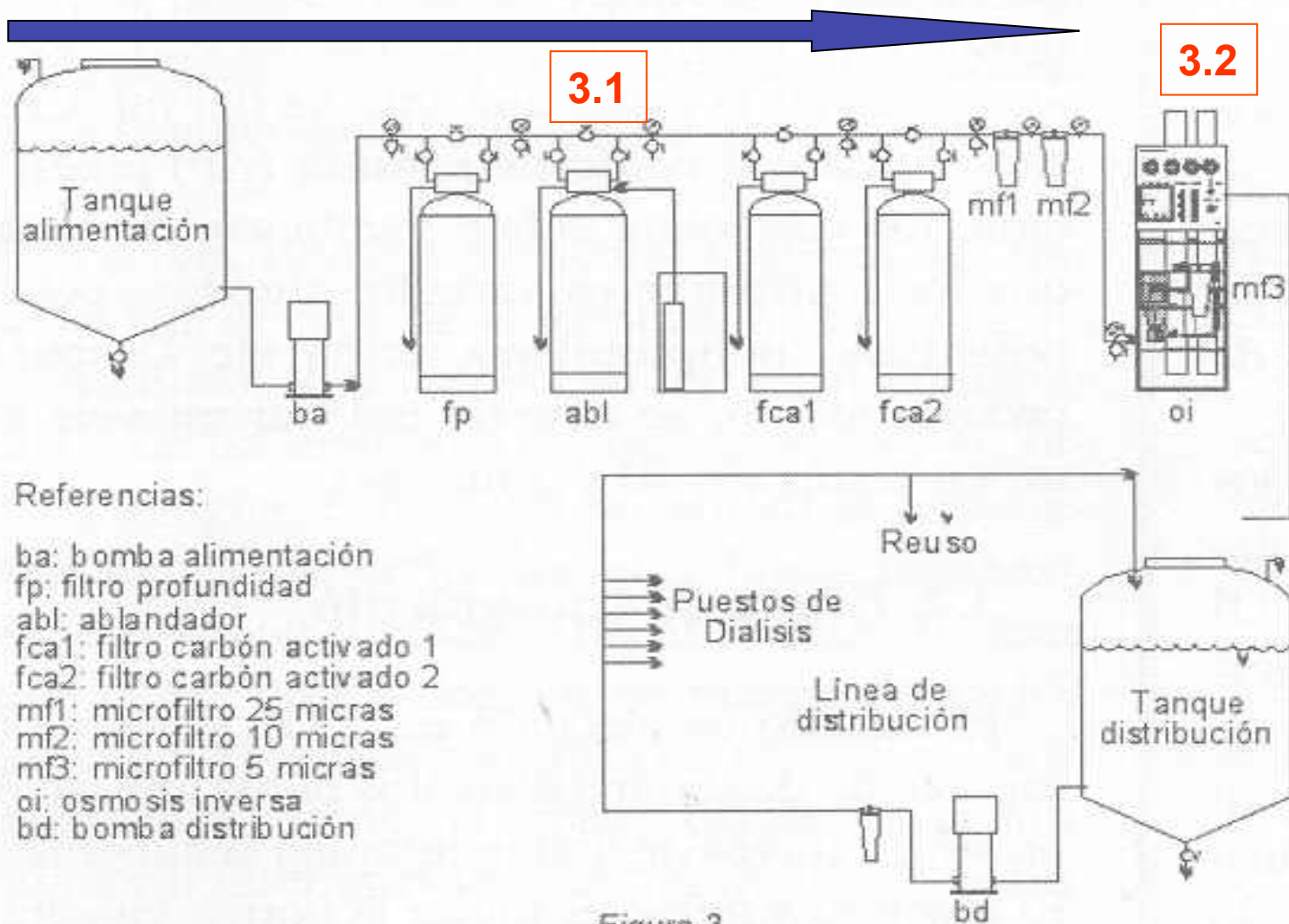


Figura 3

3.2 TRATAMIENTO

OI

**CONSISTE EN LA SEPARACIÓN DE SOLUTOS DISUELTOS
POR LA APLICACIÓN DE PRESIÓN A TRAVÉS
DE UNA MEMBRANA SEMIPERMEABLE.**

EL OBJETIVO ES LOGRAR AGUA PURA

Principio de Osmosis Inversa

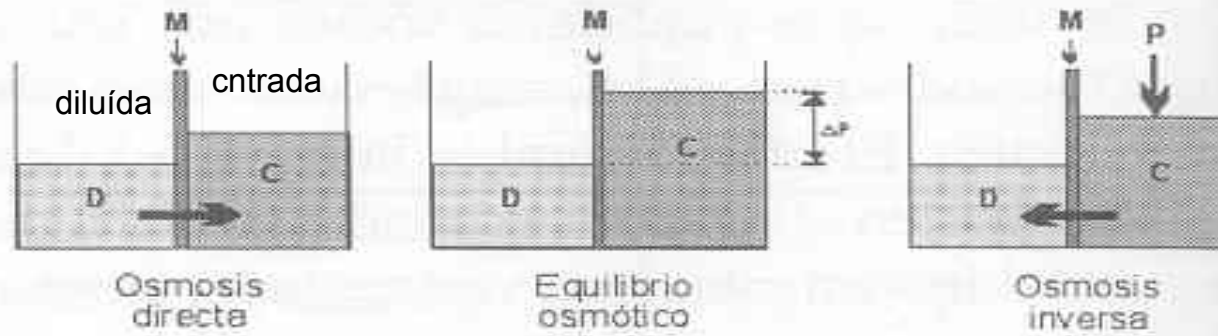


Figura 1

PM de corte: 200

Deja atrás 98-99% de sales disueltas + >99% de materia orgánica, bacterias, pirógenos

Configuración de un equipo de OI

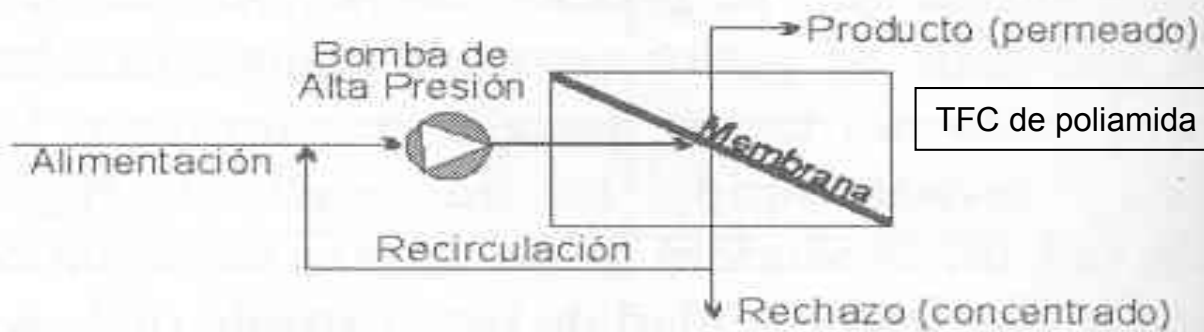


Figura 2

EL DISEÑO DEL PROCESO DE OI DEBE CONTEMPLAR:

NORMAS DEL FABRICANTE DE MEMBRANAS SOBRE

**EL LÍMITE DE CAUDAL POR ELEMENTO
(alimentación máxima, concentrado mínimo, recuperación máxima)**

DISPOSICIÓN DE LAS MEMBRANAS

PRESIONES DE OPERACIÓN

TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN

LÍMITE DE SATURACIÓN DE SALES DEL RECHAZO

ESQUEMA DE UNA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE AGUA Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

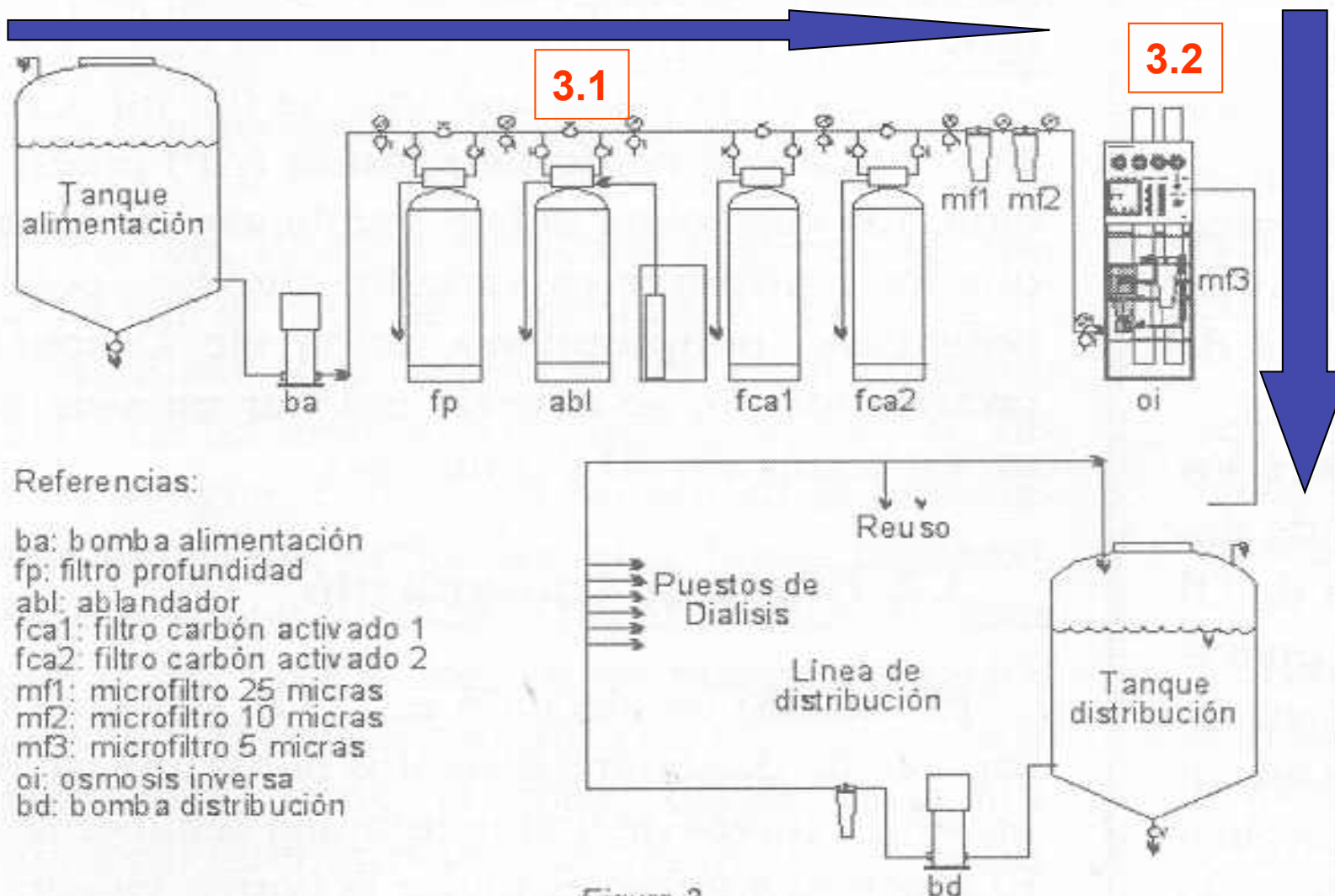


Figura 3

Substance	Sediment filter	Activated carbon filter	Softener	Deionizer	Reverse osmosis unit
Aluminium				X	X
Arsenic				X	X
Barium				X	X
Cadmium				X	X
Calcium			X	X	X
Chloramines		X			(X)
Chlorine		X			(X)
Chromium				X	X
Copper				X	X
Fluoride				X	X
Lead				X	X
Magnesium			X	X	X
Mercury				X	X
Nitrate				X	X
Potassium				X	X
Selenium				X	X
Silver				X	X
Sodium				X	X
Sulfate				X	X
Zinc				X	X
Viruses		X			X
Organic contaminants		X			X
Endotoxins					X
Bacteria					X
Particles	X				X

Table 6.1: Effectiveness of different water treatment devices in removing various contaminants. Obviously a reverse osmosis device in conjunction with an activated carbon filter is a minimal requirement (X : effective, (X): effectiveness unclear) (adapted from 16).

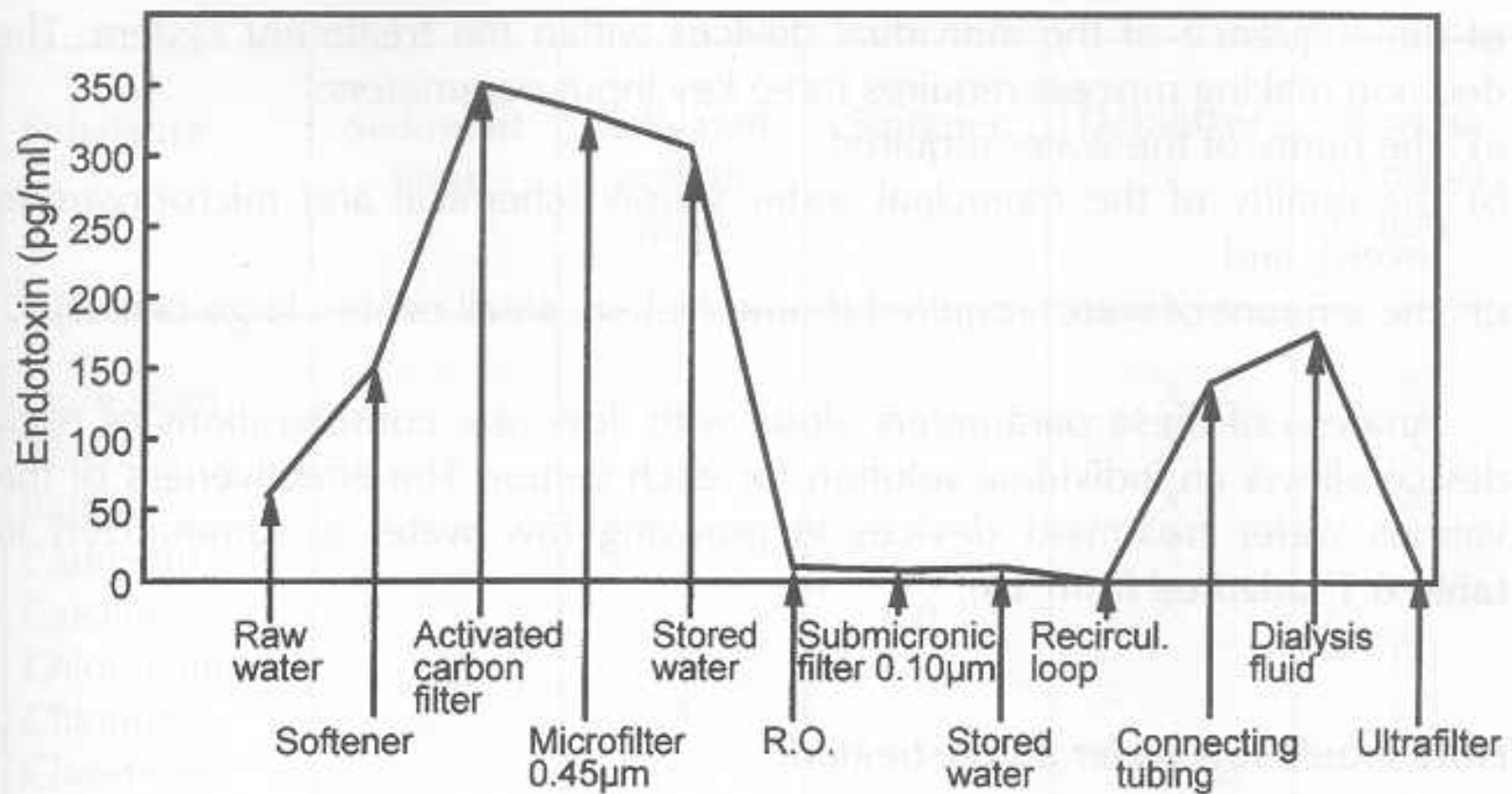


Figure 6.4: Endotoxin concentration profile of a water treatment system. Profile of the concentration of LAL-detectable endotoxin after individual devices in a water treatment chain, from raw water to the dialysis fluid delivery system (8).

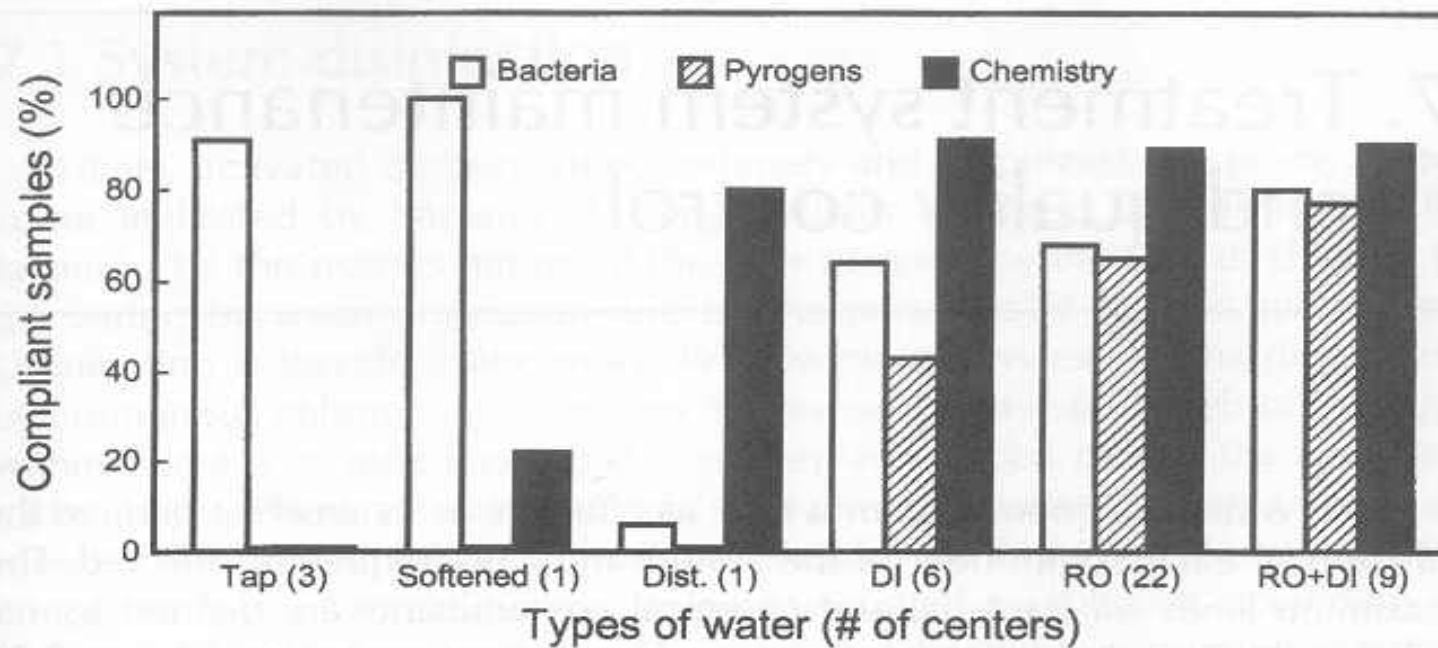


Figure 6.6: Effectiveness of different water treatment systems: compliance with Canadian standard. Percentage of dialysis water samples from various water treatment systems which complied with the Canadian Standards Association (CSA). Water was sampled monthly for bacteria and quarter-yearly for pyrogens (LAL-test) and chemicals over a 7-year period. Tap = raw tap water, Softened = water which has passed through a softener, Dist. = distilled water, DI = deionized water, RO = the permeate of a reverse osmosis device, RO+DI = water which has been purified by a RO device and a deionizer in series (adapted from **10**).

3.3 ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

**RESERVORIO DEL MENOR VOLUMEN POSIBLE,
PARA GARANTIZAR REPOSICIÓN Y MOVIMIENTO CONTINUO
PARA MINIMIZAR EL DESARROLLO MICROBIOLÓGICO**

TANQUE:

**MATERIAL ATÓXICO NO DEGRADABLE
IMPERMEABLE A LA LUZ PARA IMPEDIR CRECIMIENTO DE ALGAS
FONDO CÓNICO
TAPA SUPERIOR HERMÉTICA
PURGA INFERIOR
TOMA DE AGUA DE LA PARTE CILÍNDRICA DEL TANQUE
VENTEO CON FILTRO DE AIRE DE 0.2 μm**

TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN:

**DIÁMETROS QUE GARANTICEN VELOCIDADES TURBULENTAS,
LA < LONGITUD DE TENDIDO Y DE ACODADURAS, ATÓXICAS,
RESISTENTE A LOS QUÍMICOS DEL SANITIZADO Y CARECER
DE RAMALES CIEGOS. RECIRCULACIÓN CONTINUA.**

ESQUEMA DE UNA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE AGUA Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

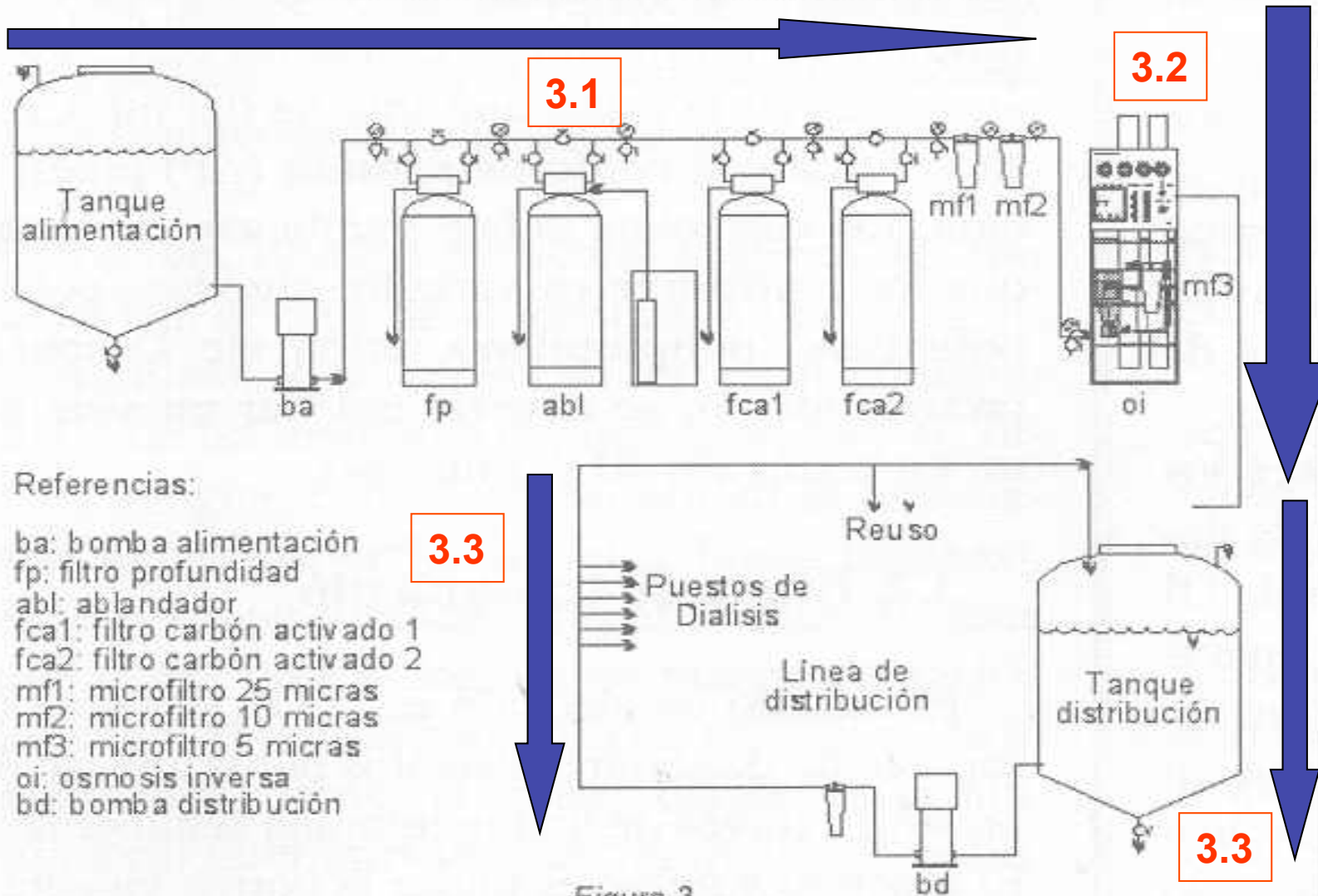


Figura 3

3.4

Tabla 7. *Tareas diarias* de operación y control para el pretratamiento y tratamiento.

PRETRATAMIENTO	CONTROL
Filtro de profundidad (fp)	<ul style="list-style-type: none"> - Medir <i>caída de presión</i> (ΔP) = $P_{\text{ingreso}} - P_{\text{egreso}}$ - Retrolavar durante 15 minutos (dos veces por día si es necesario)
Ablandador (abl)	<ul style="list-style-type: none"> - Medir ΔP. - Retrolavar durante 15 minutos (dos veces por día si es necesario) - Medir al inicio y al final del día: <i>calcio</i> (o <i>dureza</i>) a la salida del <i>abl</i>. - Si se superan los 3 mg/l (o 10 mg/l de dureza), <i>regenerar</i>.
Filtros de carbón activado (fca)	<ul style="list-style-type: none"> - Medir ΔP. - Retrolavar durante 15 minutos (dos veces por día si es necesario) - Medir antes de cada turno: <i>cloro libre</i>, a la entrada y salida del primer <i>fca</i>; a la salida <i>debe ser siempre</i> igual a 'cero'. - Si esto no ocurre, el filtro debe remplazarse <i>inmediatamente</i> (siga el procedimiento descrito en <i>Adsorción</i>)
Microfiltros (mf)	<ul style="list-style-type: none"> - Medir ΔP. Si $\uparrow 20\%$ respecto del ΔP inicial (cartucho nuevo), se debe: <i>cambiar</i> si el cartucho es descartable, o <i>lavar</i> con detergente neutro (sin cloro) si es de acero inoxidable
TRATAMIENTO	CONTROL
Osmosis inversa (OI)	<ol style="list-style-type: none"> 1- Medir caudal producto (Q_p) a presión constante (p.ej., a 15 kg/cm²), corregirlo por temperatura a 25°C y <i>cotejar con caudal</i> nominal de la membrana. Verificar: <ul style="list-style-type: none"> - Si existe \downarrow del Q_p del 10%, la membrana se está ocluyendo y debe lavarse. - Si existe \uparrow del Q_p en más 10%, con un rechazo < al 98%, la membrana se está degradando. Se debe determinar la causa y cambiar la membrana por una nueva. 2- Calcular en la membrana su $\Delta P = P_{\text{ingreso}} - P_{\text{egreso}}$ <ul style="list-style-type: none"> - Si $\Delta P \uparrow 15\%$ del valor ΔP nominal, la membrana se está <i>ocluyendo</i> y debe lavarse. 3- Calcular la Recuperación = $Q_{\text{producto}} / (Q_{\text{producto}} + Q_{\text{rechazo}})$. <ul style="list-style-type: none"> - La recuperación debe ser igual a la de diseño, especificada por el fabricante 4- Calcular el rechazo de sales: Rechazo = $(C_{\text{alimentación}} - C_{\text{producto}}) / C_{\text{alimentación}}$ (donde C = conductividad) <ul style="list-style-type: none"> - El rechazo debe ser siempre $\geq 98\%$. Si es menor, deberá evaluarse junto con los valores de caudal producto y ΔP, para diagnosticar la causa.

3.1

3.2

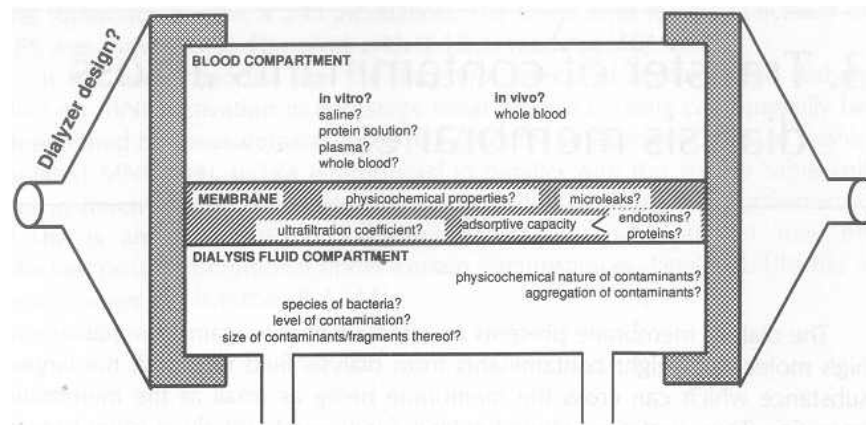


Figure 3.1: Factors affecting the permeability of dialysis membranes to biologically active contaminants present in the dialysis fluid compartment. Apart from the characteristics of the dialyzer membrane, many other factors play roles in determining the permeability of the dialyzer for biologically active contaminants in dialysis fluid. These factors strongly influence the results of membrane permeability experiments, so that the experimental set-ups must be compared. Not only obvious differences like the use of different bacterial challenges on the dialysis fluid side, or the use of whole blood as opposed to saline on the blood side, but also fine differences like the dialyzer design and the ability of certain contaminants to aggregate influence the results.

Dialysis membranes currently available

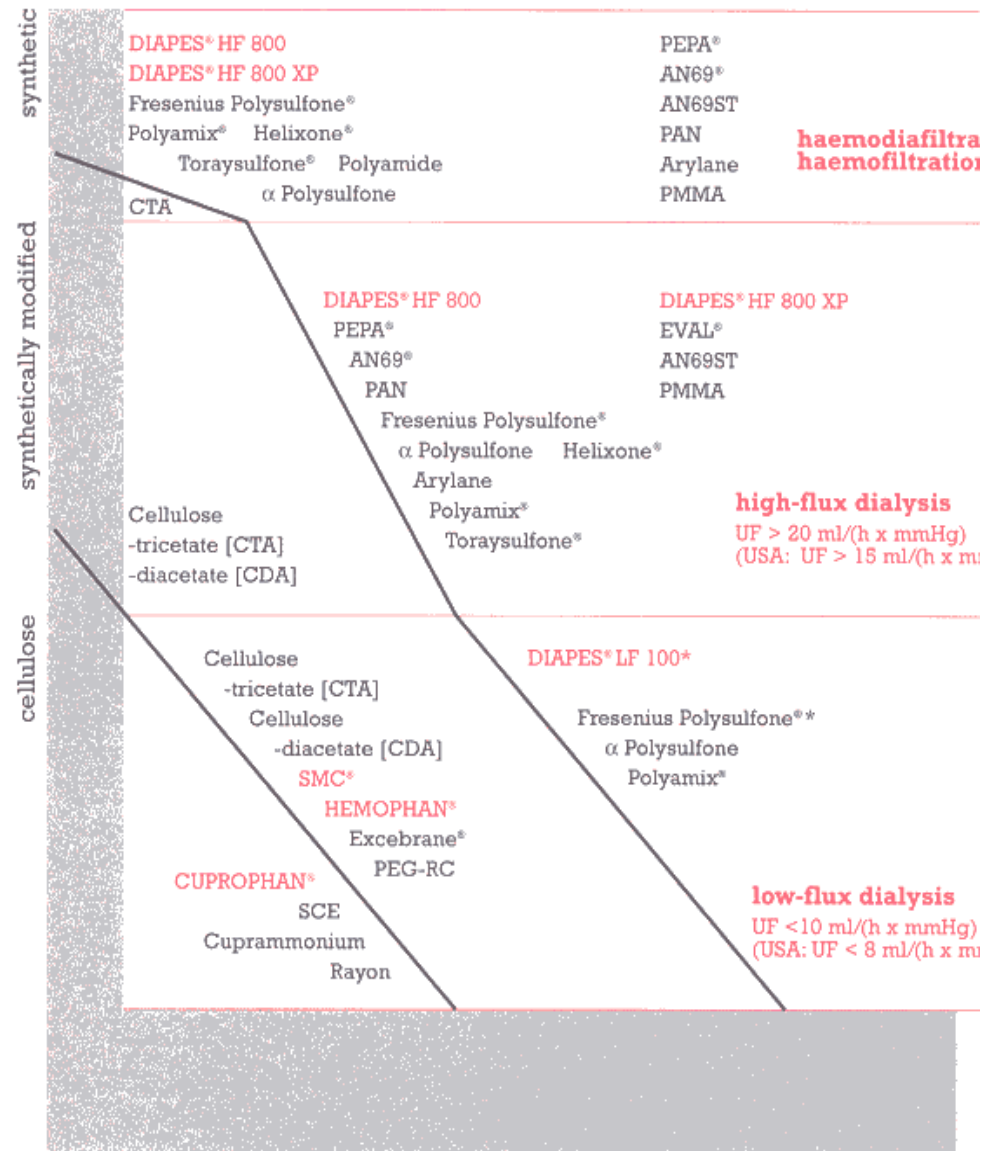


Figure 1: Dialysis membranes currently on the market and their suitability for the different treatment modalities.

Examples for high-performance dialysis membranes (UF = 10 - 20 ml/(h x mmHg), USA: UF = 8 - 15 ml/(h x mmHg)) are marked by *.
MEMBRANA products are marked by red color. (UF = ultrafiltration)

Dialyzer	UF-coefficient (ml/h·mmHg)	Membrane	Lipid A adsorbed onto the membrane ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	LPS adsorbed onto the membrane (ng/m ²)
F4	2.8	Low-flux polysulfone	38.8 ± 8.1	360 ± 42
E3 (Cuprophane®)	5.8	Regenerated cellulose	4.5 ± 3.4	91 ± 29
Acepap 1300	8.0	Cellulose acetate	10.7 ± 2.3	162 ± 38
Altraflux	15.0	Cellulose diacetate	11.0 ± 1.3	90 ± 42
Filtral 12 (AN69®)	32.0	Polyacrylonitrile	12.8 ± 4.7	109 ± 84
F60	40.0	High-flux polysulfone	55.5 ± 7.1	567 ± 80
Polyflux 110	42.0	Polyamide	61.1 ± 10.8	352 ± 123

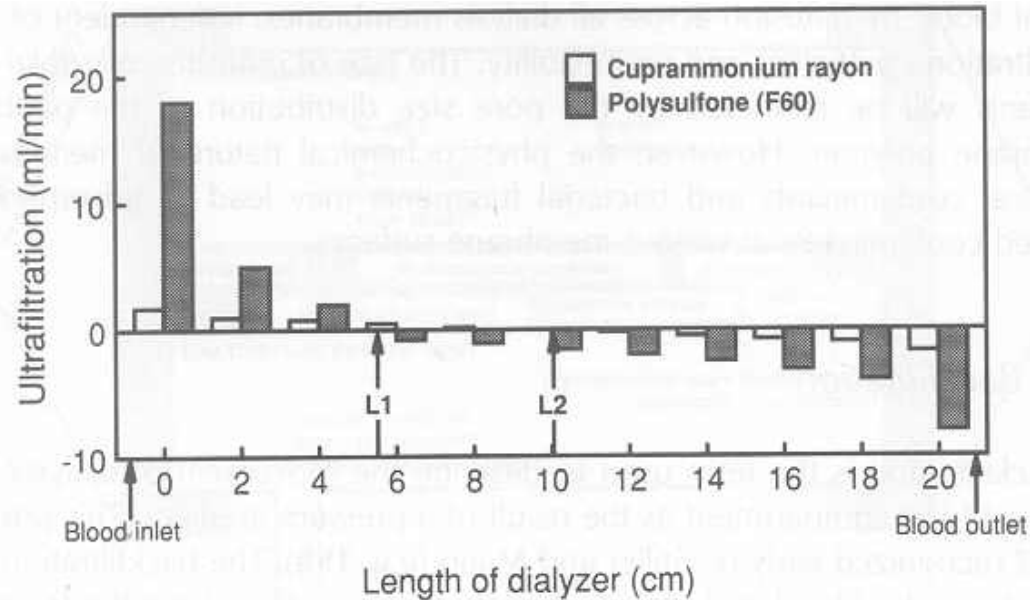


Figure 3.2: Backfiltration does occur - particularly with high-flux membranes
 Ultrafiltration profiles for high-flux polysulfone (PSu) and low-flux cuprammonium rayon (CR) dialysis membranes. In the experimental set-up net ultrafiltration and average TMP were forced to be zero, resulting in equal filtration near the blood inlet and backfiltration near the blood outlet. Total filtration and total backfiltration were 6.79 and 6.61 ml/min, respectively, for CR and 30.6 and 30.9 ml/min, respectively, for PSu. Maximum filtration occurs near the blood inlet (0 cm) and decreases to zero at different positions along the length of the dialyzer for the different membranes (L1 for PSu, L2 for CR). Backfiltration begins at these points and increases to a maximum at the blood outlet (20 cm) (adapted from 57).