

Water Solutions

DuPont™ IntegraTec™ P Series PES-UF Modules T-Rack™ y Modules para Open Platform

Manual de proceso y diseño

Version 6

November 2022



NOTICE: The information provided in this literature is given in good faith for informational purposes only. DuPont assumes no obligation or liability for the information presented herein. NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED

Powered by



Índice de contenidos

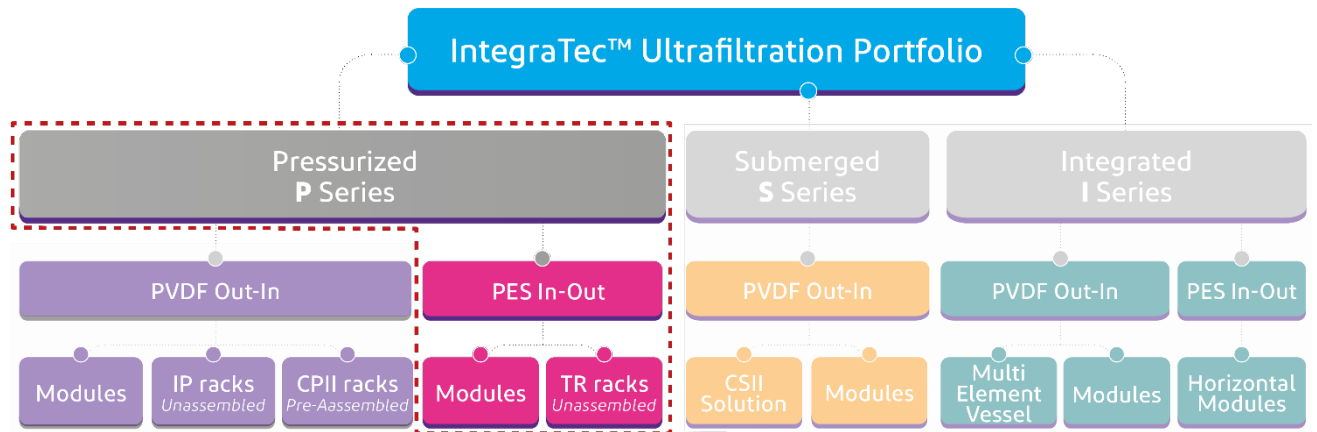
1	Aviso legal	4
1.1	Producto.....	4
1.2	Política de modificaciones.....	4
2	Acerca de estas directrices de proceso y diseño	5
2.1	Objetivo de estas directrices de proceso y diseño.....	5
2.2	Grupos destinatarios.....	6
2.3	Símbolos empleados en estas directrices de proceso y diseño.....	6
2.3.1	Símbolos.....	6
2.3.2	Notas sobre las instrucciones y normas.....	6
3	Membranas Dentro-Fuera DuPont™ PES	7
4	Modos de operación de la membrana.....	9
4.1	Filtración.....	9
4.2	Retrolavado	11
4.3	Lavado por chorro delantero (Forward Flush, FF).....	13
4.4	Ciclos de operación.....	15
4.4.1	Operación alternada.....	15
4.4.2	Operación de lado único	16
5	Calidad y tratamiento previo del agua de alimentación.....	18
5.1	Concentración máxima de alimentación y objetivos del tratamiento previo.....	18
5.2	Microfloculación.....	19
5.3	Ejecución de la microfloculación.....	20
5.4	Cloración continua en el agua de alimentación de UF.....	23
6	Retrolavado químicamente mejorado (Chemically Enhanced Backwash, CEB)	24
6.1	Vista general	24
6.2	Tipos de CEB.....	26
6.3	Cómo se efectúa un CEB.....	27
7	Limpieza in situ química (Clean-In-Place, CIP)	29
7.1	Vista general	29
7.2	Establecer la recirculación de CIP	31
7.3	Cómo se efectúa una CIP.....	32
7.3.1	Preparar la solución química para una CIP.....	32
7.3.2	Preparación para un proceso de CIP.....	32
7.3.3	Recirculación y tiempo de remojo.....	33
7.4	Preparar el enjuague del bastidor/sistema.....	35
7.5	Enjuague del bastidor/sistema	35
8	Uso de sustancias químicas para CEB/CIP.....	37
8.1	Diferencias entre el CIP y el CEB.....	37
8.2	Sustancias químicas y condiciones de operación permitidas	37
9	Diseño y construcción	40
10	Puesta en marcha del sistema.....	48
10.1	Vista general	48
10.2	Ensayo funcional.....	49
10.3	Módulo de conservación.....	50
10.4	Ventilación y enjuague.....	50
10.4.1	Ventilación del sistema.....	51
10.4.2	Enjuague del sistema.....	52

11	Desinfección del sistema	53
12	Pruebas de integridad	55
12.1	Vista general	55
12.2	Especificación para el aire comprimido.....	56
12.3	Frecuencia de las pruebas	57
12.4	Cómo se efectúa una prueba de caída de presión	57
13	Otras directrices de funcionamiento	61
13.1	Evitar las partículas y sustancias que puedan dañar la membrana.....	61
13.2	Prevención de los incrustamientos químicamente irreversibles.....	62
13.3	Condiciones permitidas de operación, enjuague, limpieza y desinfección.....	63
14	Desconexiones del sistema	65
15	Documentación de las condiciones de operación	66
16	Documentación técnica	67
16.1	Otros documentos relevantes.....	67
	Datos de contacto.....	68

1 Aviso legal

1.1 Producto

Este manual se aplica a DuPont™ IntegraTec™ Serie P Módulos T-Rack™/ T-Rack™ de entrada y salida de presión y módulos PES-UF para plataformas abiertas y piezas y componentes correspondientes para la operación.



Solo se permite duplicar y archivar en cualquier formato, incluido cualquier fragmento, tras haber obtenido el consentimiento por escrito del fabricante.

Todos los nombres comerciales y empresariales que aparecen en estas directrices de proceso y diseño son marcas registradas de las empresas respectivas.

1.2 Política de modificaciones


El fabricante se reserva el derecho de modificar estas directrices de proceso y diseño o cualquier parte de las mismas en cualquier momento con el fin de mejorar permanentemente el producto.

La compañía/parte responsable del proceso y diseño del sistema descrito en este manual debe obtener las directrices actualizadas de proceso y diseño de DuPont™ a intervalos regulares:

- Descarga en: <https://www.dupont.com/brands/integrattec-ultrafiltration.html>
- Por correo electrónico escribiendo a inge@dupont.com
- Por teléfono llamando al +49 8192 997-700



2 Acerca de estas directrices de proceso y diseño


NOTA	
	<p>LEA LAS DIRECTRICES DE PROCESO Y DISEÑO.</p> <p>Lea el presente documento para planificar su sistema.</p> <p>Las directrices de proceso y diseño descritas en el presente documento deben considerarse únicamente como recomendaciones para su sistema.</p> <p>El instalador del equipo y el operador son los responsables de que se cumpla la normativa legal y local aplicable en materia de medio ambiente, salud y seguridad (EHS).</p>

2.1 Objetivo de estas directrices de proceso y diseño

Este documento contiene una descripción detallada de todas las DuPont™ IntegraTec™ Series P PES-UF In-Out T-Rack™/ T-Rack™ Modules y PES-UF Modules para Open Platforms.

Este documento contiene instrucciones y normas para diseñar y operar el sistema de forma correcta, segura y sin fallos.

Póliza de garantía

NOTA	
	<p>CUMPLA TODAS LAS INSTRUCCIONES.</p> <p>El cumplimiento integral y correcto de las instrucciones detalladas en estas directrices de proceso y diseño es un requisito previo para presentar una reclamación con arreglo a la garantía.</p> <p>Cualquier versión de este documento que DuPont le suministre, en otro idioma que no sea en Inglés, no son traducciones oficiales y están destinadas a facilitar su conocimiento a los destinatarios que no puedan leer la versión en Inglés. La única versión válida y aprobada por DuPont de este documento, es la versión en inglés más reciente proporcionada por DuPont en el momento de la venta.</p> <p>En caso de presentar una reclamación de garantía, el operador acepta facilitar automáticamente a DuPont™ un conjunto completo de documentación.</p> <p>Por favor contacte con DuPont™ si desea desviarse de las directrices o especificaciones suministradas en este documento y solicite por anticipado la aprobación por escrito. De lo contrario se arriesga a invalidar cualquier reclamación de garantía que pueda realizar en el futuro.</p>

- El cumplimiento integral y correcto de la documentación específica del producto de DuPont™ (incluyendo los manuales de montaje y las directrices de proceso y diseño) es un requisito previo para presentar una reclamación con arreglo a la garantía. En caso de presentar una reclamación de garantía, el operador acepta facilitar automáticamente a DuPont™ un conjunto completo de documentación, tal y como solicite DuPont™.
- Póngase en contacto con DuPont™ si desea apartarse de alguna de las directrices o especificaciones establecidas en los manuales de montaje específicos del producto de DuPont™ y en las directrices de proceso y diseño y solicitar la aprobación por escrito de antemano. De lo contrario, corre el riesgo de invalidar las condiciones de garantía lo que afectaría a cualquier reclamación de garantía futura que pudiera realizar.

2.2 Grupos destinatarios




Personal cualificado

- Ingenieros/técnicos de proyecto y planificación
- Programadores
- Ingenieros/técnicos de puesta en marcha
- Ingenieros de diseño

2.3 Símbolos empleados en estas directrices de proceso y diseño


2.3.1 Símbolos

En este documento se utilizan los siguientes símbolos:

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN (EJEMPLOS)
	NOTA IMPORTANTE El incumplimiento de las instrucciones recogidas en esta nota puede provocar problemas en la operación del producto.
	INFORMACIÓN El cumplimiento de la información recogida en esta nota simplificará la puesta en marcha y la operación de los productos DuPont™.
	REFERENCIA CRUZADA Encontrará información detallada sobre este tema en otro documento.

2.3.2 Notas sobre las instrucciones y normas

Para garantizar que el sistema se opera de forma correcta, segura y sin fallos, el documento destaca algunas instrucciones y normas de la siguiente manera:

NOTA	
	ATENCIÓN Respete las siguientes directrices

3 Membranas Dentro-Fuera DuPont™ PES

Las membranas Dentro-fuera DuPont™ PES cuentan con membranas de la familia Multibore™ que combinan múltiples capilares del mismo diámetro en una sola fibra con la posibilidad de elegir diferentes disposiciones capilares (véase la figura 3.1-1):

- Multibore™ con 7 capilares por fibra
- Multibore™ PRO con 19 capilares por fibra

La combinación de múltiples capilares por fibra proporciona una estabilidad mecánica significativamente mayor en comparación con las membranas convencionales de fibra hueca de un solo orificio.

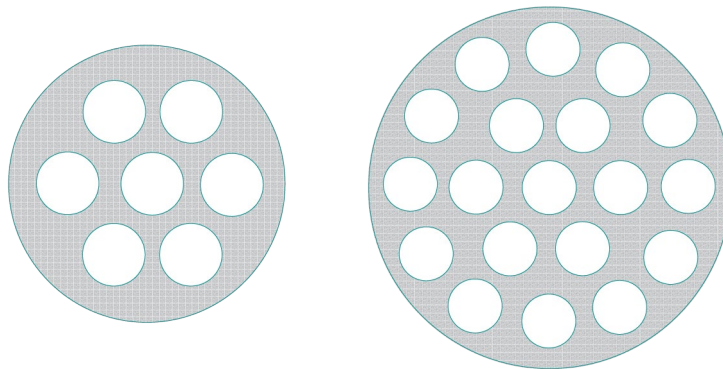


Figura 3.1-1 Sección transversal de las membranas Dentro-Fuera DuPont™ PES en disposición capilar Multibore™ (izquierda) y Multibore™ PRO (derecha).

DuPont™ suministra las membranas Multibore™ y Multibore™ PRO en diferentes diámetros capilares adaptados al tipo de aplicación.

0.7 mm (0.027 inch)	0.9 mm (0.035 inch)	1.5 mm (0.059 inch)
El más compacto para ahorrar espacio	La mayor gama de aplicaciones y funcionamiento en agua con alto contenido de TSS	Máxima tolerancia a contenidos extremos de TSS en el agua

Las membranas Dentro-Fuera DuPont™ PES funcionan normalmente en modo "dead-end" y se lavan a intervalos regulares. El funcionamiento de flujo cruzado a bajas velocidades también es factible en principio, aunque sólo se utiliza en determinadas circunstancias

La membrana DuPont™ PES In-Out se "teje" en un solo paso de producción a partir de una sola solución de polímero en un proceso de producción patentado. Al tejer las membranas empleando un solo material se crea lo que se conoce como una membrana "integral". Las membranas DuPont™ PES In-Out se "hilan" en un solo paso de producción a partir de una sola solución polimérica en un proceso de producción patentado. El hilado de las membranas con un solo material crea lo que se conoce como una membrana "integral". Esto supone una ventaja cualitativa en términos de integridad de la membrana.

El material de membrana basado en PES se modifica de forma que incrementa la hidrofiliicidad de la membrana. Este aumento de la hidrofiliicidad reduce la tendencia de la superficie de la membrana a absorber sustancias orgánicas, mejorando así el rendimiento operativo con un menor ensuciamiento de la membrana. El proceso de fabricación produce una fina superficie de filtrado definida (interfaz) en el interior de los capilares con una resistencia sumamente baja a la permeabilidad y unos poros internos que miden aproximadamente 20 nanómetros (véase la Figura 3.1-2). Este tamaño de poro es notablemente más pequeño comparado con las membranas de baja presión de la mayoría de las membranas de ultrafiltración que se encuentran en el mercado. Esto garantiza un rechazo de virus superior a 4 unidades logarítmicas sin ningún paso de tratamiento previo, como la coagulación, y además una mejor eliminación de las incrustaciones si se emplea como tratamiento previo para las plantas de ósmosis inversa.

Membranas Dentro-Fuera DuPont™ PES

A pesar de los poros más pequeños, las membranas DuPont™ PES In-Out muestran una permeabilidad sustancialmente mayor debido a la mayor porosidad de la superficie y a una fina interfaz de filtración. Esto se traduce en un funcionamiento muy eficiente desde el punto de plano energético.

Los capilares individuales están firmemente conectados entre sí mediante una estructura de apoyo homogénea que presenta una permeabilidad aproximadamente 1000 veces más alta que la de la interfaz de filtración real de los capilares. Los capilares están separados entre sí a distancias definidas para garantizar una distribución uniforme del agua dentro de las membranas de la familia Multibore™. una estabilidad general superior.

Unos poros más pequeños, una presión más baja, la inigualable resistencia ante una limpieza con pH elevado para eliminar las incrustaciones orgánicas y, por supuesto, la estabilidad son solo algunas de las singulares características de las membranas de la familia Multibore™.

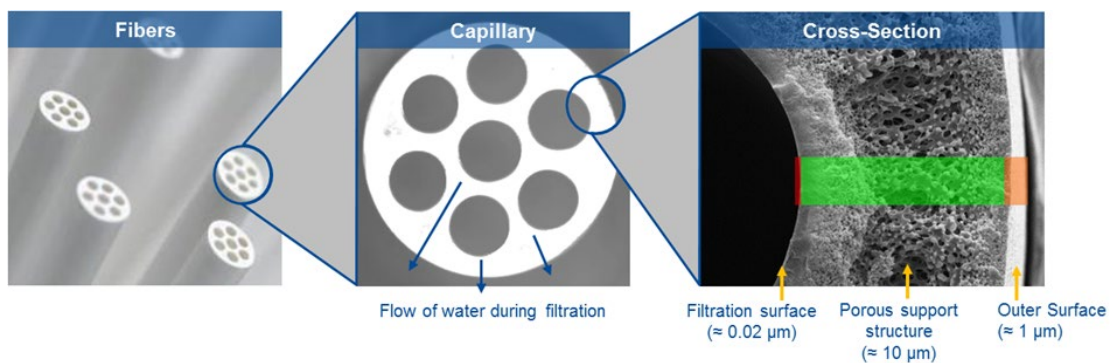


Figura 2.3-2 - Sección transversal de una membrana Multibore™ ejemplo

Las membranas DuPont™ PES In-Out funcionan desde el interior hacia el exterior de los capilares en modo de filtración y en sentido inverso, es decir, desde el exterior hacia el interior de los capilares, en modo de retrolavado.

Las membranas de ultrafiltración DuPont™ Multibore™ eliminan de manera fiable partículas, bacterias y virus de diversas fuentes de agua, aunque existan fluctuaciones en la calidad del agua de alimentación. Mantener la integridad de las fibras de la membrana es un requisito previo fundamental para garantizar que los contaminantes se eliminan correctamente del sistema. Aunque los defectos en los capilares son sumamente improbables debido a la extraordinaria estabilidad de las membranas de la familia Multibore™, la integridad de las membranas o los capilares puede verse perjudicada por factores tales como sustancias no aprobadas en el agua de alimentación y, en concreto, por un estrés mecánico excesivo causado por una operación inadecuada.

Las membranas de ultrafiltración (UF) desarrolladas por DuPont™ están en el interior de una carcasa de presión. El conjunto resultante se conoce como la serie de módulos verticales módulos PES-UF, que incluye unas singulares características de diseño adaptadas a los requisitos específicos de ultrafiltración de la industria de tratamiento de aguas. Se ha prestado una atención especial para optimizar las características hidrodinámicas del diseño interno del módulo con el fin de mejorar la eficiencia del retrolavado y la integridad de la membrana.

4 Modos de operación de la membrana

4.1 Filtración

En el modo de filtración, el agua de origen se trata conduciéndola a través de la membrana de ultrafiltración desde el lado de alimentación hasta el lado de filtrado. Los contaminantes presentes en el agua son bloqueados por la superficie de filtrado y se acumulan en la superficie interna de los capilares de la membrana. El filtrado fluye hasta el depósito de filtrado/retrolavado, que sirve como contenedor de almacenamiento para el agua de retrolavado y el agua que se va a utilizar para el procesamiento o consumo posterior. De forma alternativa, el filtrado se puede canalizar directamente hasta los consumidores finales, en cuyo caso el depósito se utiliza únicamente como contenedor de almacenamiento para el agua de retrolavado. La cantidad de agua que se puede tratar con cada módulo de ultrafiltración depende de varios factores, como el origen del agua que se va a tratar (p. ej., agua subterránea, agua superficial, agua de mar o agua residual pretratada), la composición del agua de origen (p. ej., turbidez, concentración de sólidos, sustancias orgánicas/inorgánicas disueltas, temperatura), y la estrategia de costes elegida (costes de capital, costes operativos).

Los diagramas situados a continuación muestran los dos modos de operación, Filtración en la parte superior (Filtration Top, FT) y Filtración en la parte inferior (Filtration Bottom, FB), en el modo directo. La Figura 3.1-1 muestra la filtración realizada desde la parte superior (Filtration Top, FT) con el agua de origen entrando por la parte superior del módulo, mientras que la Figura 3.1-2 muestra la filtración realizada desde la parte inferior (Filtration Bottom, FB) con el agua de origen entrando por la parte inferior del módulo.

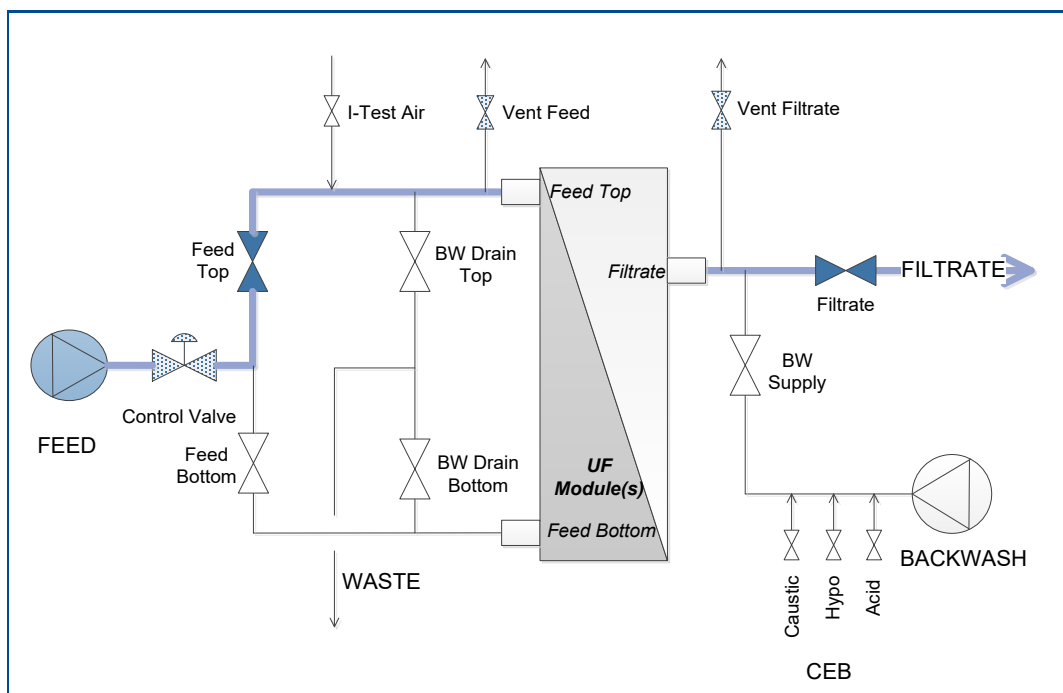


Figura 3.1-1 - Modo de filtración en la parte superior "Filtration Top" (FT)

Modos de operación de la membrana

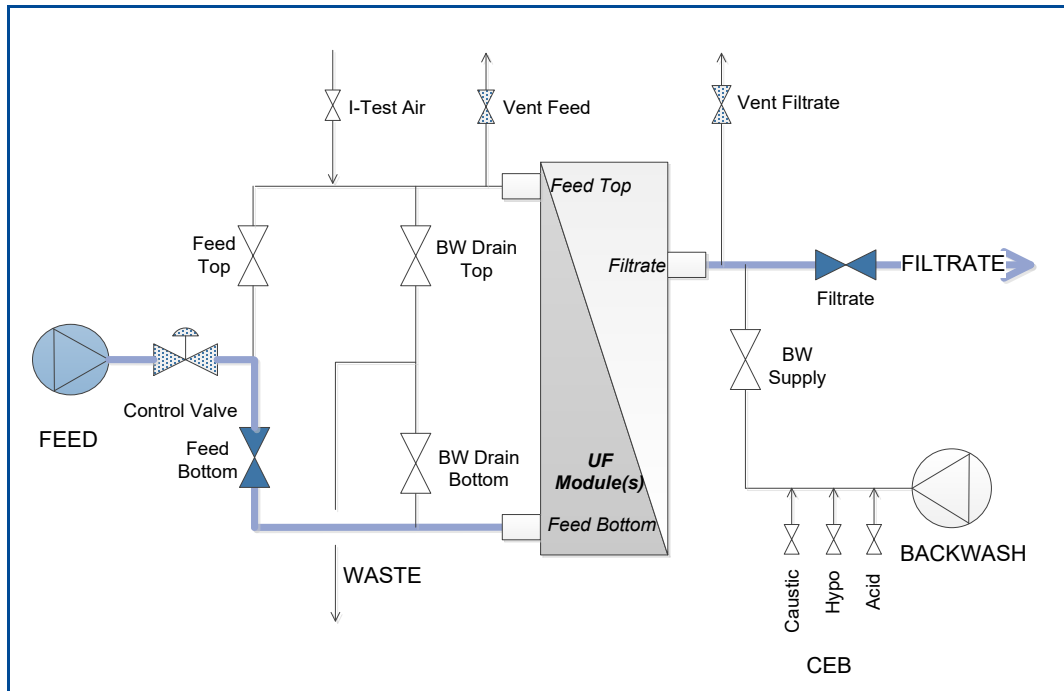



Figura 3.1-2 - Modo de filtración en la parte inferior "Filtration Bottom" (FB)

4.2 Retrolavado

Durante el proceso de filtración, los contaminantes se acumulan en la superficie de la membrana de ultrafiltración y forman una torta filtrante. En consecuencia, la pérdida de presión necesaria para la filtración, también denominada presión transmembrana (TMP), aumenta gradualmente. Con el fin de eliminar la acumulación de incrustaciones de la superficie de la membrana y reducir la TMP, los retrolavados se efectúan a intervalos regulares. El agua necesaria para el retrolavado se toma del depósito de retrolavado y se conduce a través del módulo desde el lado de filtrado mediante la bomba de retrolavado. Atraviesa la membrana desde el exterior hacia el interior (es decir, en dirección opuesta al flujo empleado en el modo de filtración) y despega las incrustaciones acumuladas en la superficie de la membrana. El agua de retrolavado se enjuaga de los capilares de la fibra y se canaliza a través de la conexión de entrada del módulo hasta el drenaje.

NOTA	
	ATENCIÓN Respete las siguientes directrices

- El agua de retrolavado debe estar libre de partículas abrasivas o que puedan bloquear la membrana, es decir, el nivel de limpieza del agua debe ser al menos tan alto como el del filtrado por UF de DuPont™. A la hora de sacar el agua del depósito de retrolavado es importante asegurarse de que ningún producto de la corrosión o la erosión que pueda haberse formado en el depósito o en las tuberías circule en flujo inverso, para impedir así la contaminación del lado de filtrado de los módulos de ultrafiltración.
- El flujo de retrolavado recomendado es de 230 L/(m²h) (135 GFD). Se pueden aplicar flujos de retrolavado superiores hasta los límites descritos en las respectivas hojas de datos del producto (PDS).

La duración de un retrolavado efectivo varía entre 30 y 60 segundos, en función de la calidad del agua de alimentación, el tipo de ciclo de operación y el tamaño de la instalación.

- Para garantizar una limpieza fiable aunque las membranas presenten grandes incrustaciones, es importante mantener un caudal constante empleando un sistema de control de flujo. Una manera de conseguir esto es emplear una bomba de retrolavado accionada por un variador de frecuencia. El convertidor de frecuencia debe configurarse para garantizar que la tasa de flujo designada se alcance en un plazo de 5 a 7 segundos o menos sin que se produzcan picos de presión. Se aconseja el uso de válvulas de acción lenta para evitar posibles golpes de ariete.

Modos de operación de la membrana

Modos de operación de retrolavado

Los siguientes diagramas muestran los dos modos de operación de retrolavado, "Retrolavado con drenaje inferior" y "Retrolavado con drenaje superior". La Figura 3.2-1 muestra un retrolavado con drenaje inferior (Backwash Drain Bottom, BWDB) en el que el agua de retrolavado (filtrado) sale del módulo por el puerto de alimentación/drenaje inferior, mientras que la Figura 3.2-2 muestra un retrolavado con drenaje superior (Backwash Drain Top, BWDT) en el que el agua de retrolavado (filtrado) sale del módulo por el puerto de alimentación/drenaje superior.

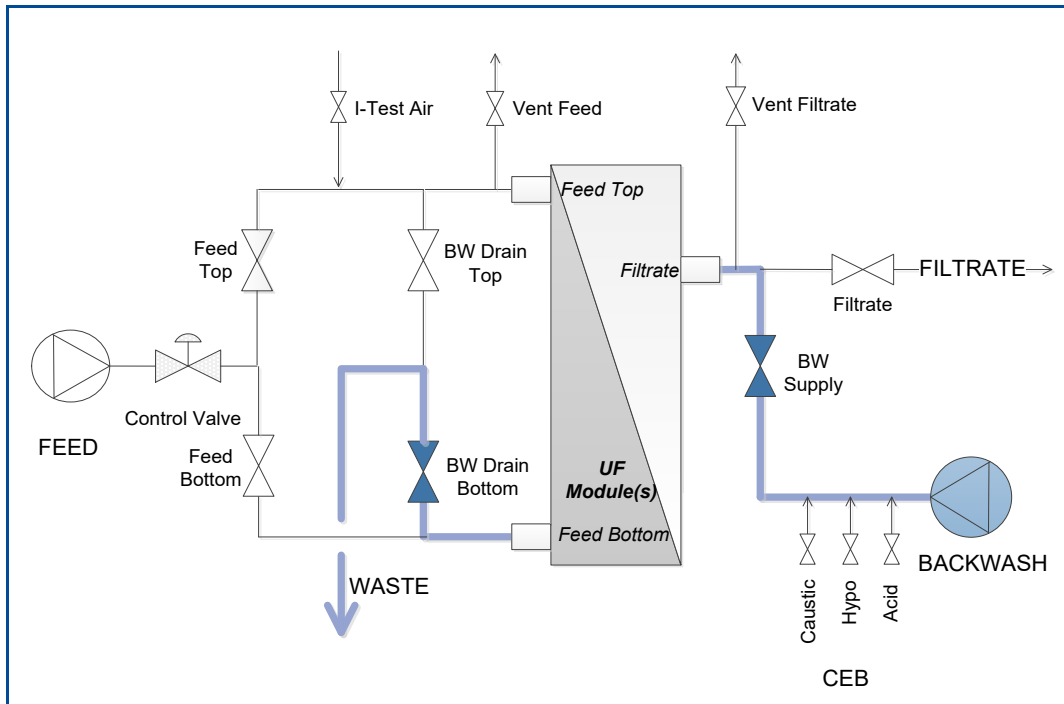


Figura 3.2-1 - Retrolavado con drenaje inferior (Backwash Drain Bottom, BWDB)

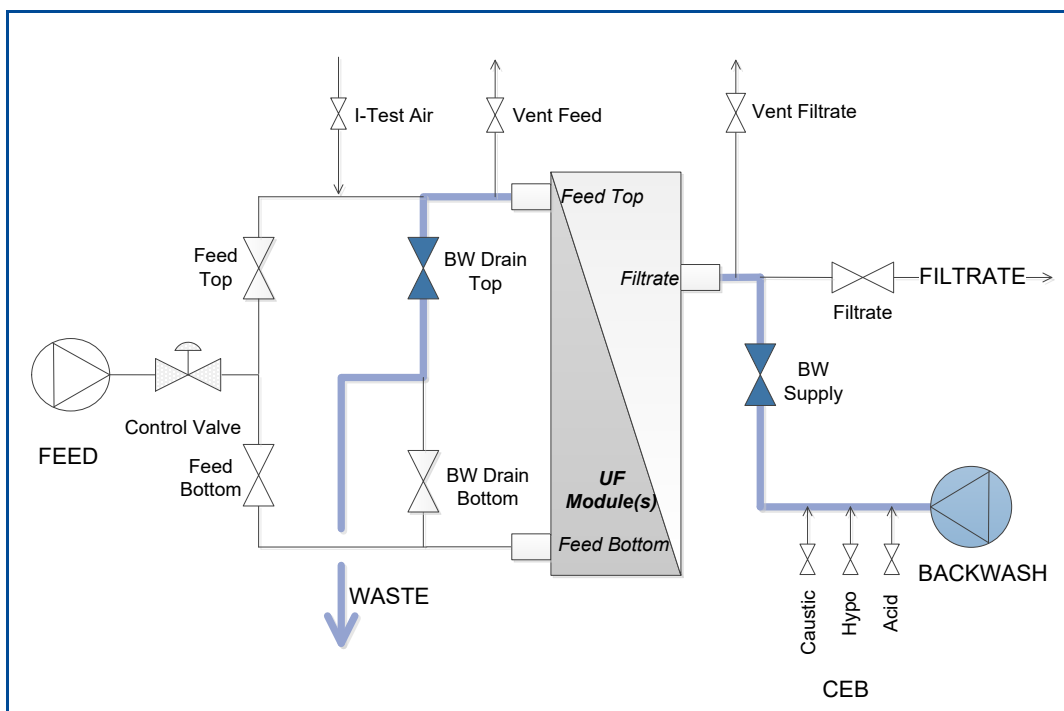


Figura 3.2-2 - Retrolavado con drenaje superior (Backwash Drain Top, BWDT)

4.3 Lavado por chorro delantero (Forward Flush, FF)

Cuando se va a tratar agua de alimentación con concentraciones elevadas de sólidos, puede resultar útil realizar un desplazamiento por chorro delantero antes del retrolavado. El desplazamiento también se puede utilizar para eliminar del sistema los sólidos que se hayan soltado de la membrana al realizar el retrolavado. De esta manera se reduce potencialmente la cantidad de filtrado necesario para el retrolavado. El desplazamiento también sirve para garantizar que ningún residuo del retrolavado anterior pueda regresar a la membrana durante una fase de filtración posterior. Este método puede favorecer el rendimiento de limpieza y al mismo tiempo mejorar las tasas de recuperación.

El desplazamiento es opcional; si se activa esta opción, el desplazamiento se realizará antes y/o después de un retrolavado. El desplazamiento se lleva a cabo empleando la bomba de filtración con un flux constante equivalente al flux de filtración. Por este motivo, el flux para el desplazamiento se especifica aquí en L/(m²h) (GFD). No se necesita ninguna bomba adicional para el desplazamiento.

Como se muestra en la Figura 3.3-1 y la Figura 3.3-2, el drenaje se mantiene abierto y la válvula de filtrado se cierra durante un desplazamiento. Esto significa que toda el agua fluye en sentido longitudinal a través de los capilares de la membrana. Este método resulta particularmente efectivo para eliminar el material particulado, en especial en el extremo de los capilares de la membrana. El desplazamiento suele durar entre 20 y 40 segundos. Se puede efectuar de la parte superior a la inferior (Forward Flush Top, FFT) o de la parte inferior a la superior (Forward Flush Bottom, FFB).

En la mayoría de las aplicaciones no se necesita ningún desplazamiento.

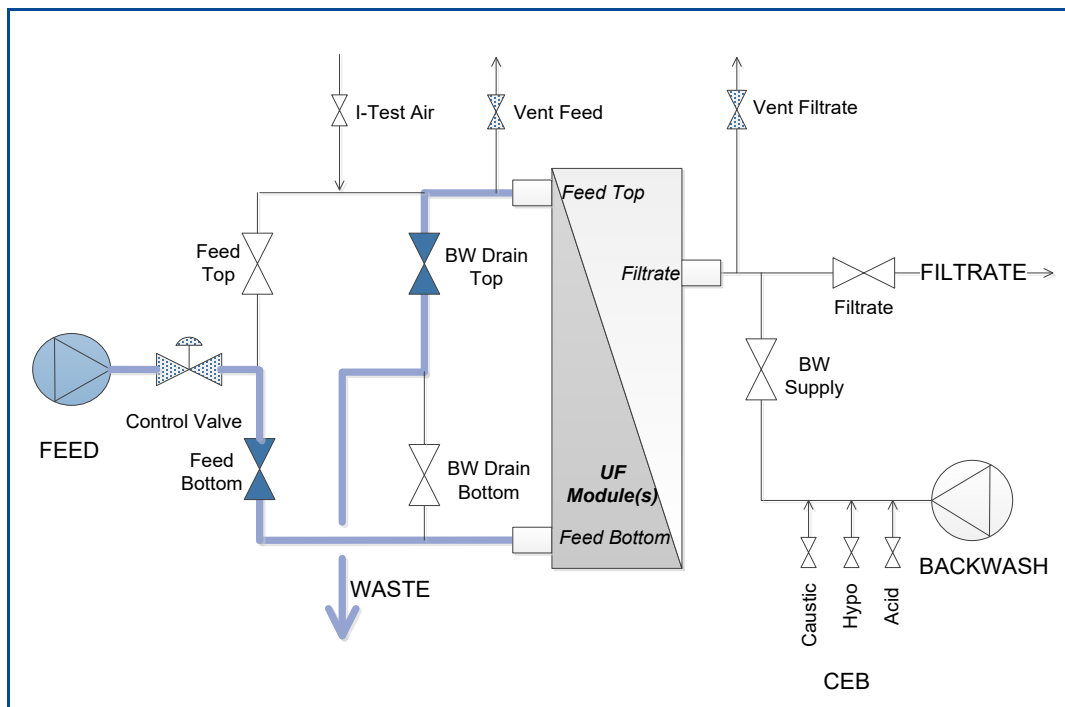


Figura 3.3-1 - Desplazamiento por la parte superior (Forward Flush Top, FFT)

Modos de operación de la membrana

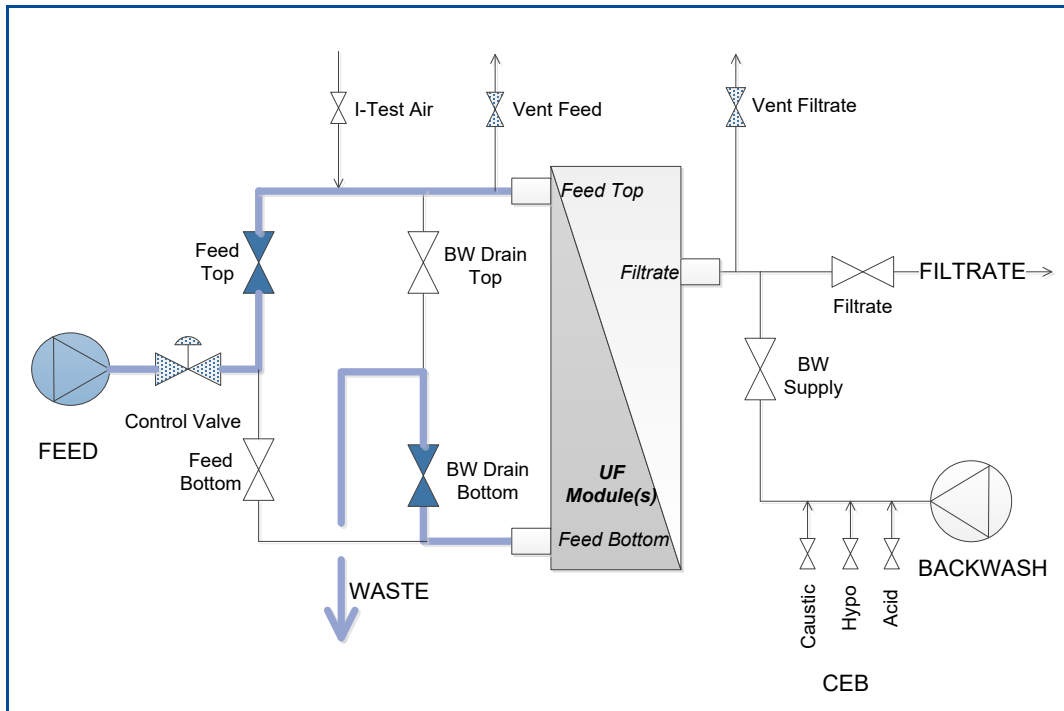


Figura 3.3-2 - Desplazamiento por la parte inferior (Forward Flush Bottom, FFB)

4.4 Ciclos de operación

En este contexto, un ciclo de operación de ultrafiltración se refiere a una secuencia de operaciones que incluye una secuencia de filtración seguida de una secuencia de retrolavado. Normalmente basta con ejecutar la secuencia de retrolavado sin ningún desplazamiento, es decir, realizar solo un retrolavado. La duración del desplazamiento debe ajustarse por regla general a 0 segundos. Sin embargo, en determinadas aplicaciones los desplazamientos pueden resultar necesarios ya sea antes o después de efectuar el retrolavado. El usuario debe poder ajustar la duración de todos los modos de operación para conseguir la máxima flexibilidad en el proceso.

Basándose en la dilatada experiencia, se han establecido dos filosofías principales de operación, denominadas operación alternada y operación de lado único.

4.4.1 Operación alternada

El fluido de alimentación se introduce en el/los módulo(s)/bastidores desde los puertos de entrada inferiores y superiores, de manera alternativa, tal y como se muestra en la Figura 3.4-1.

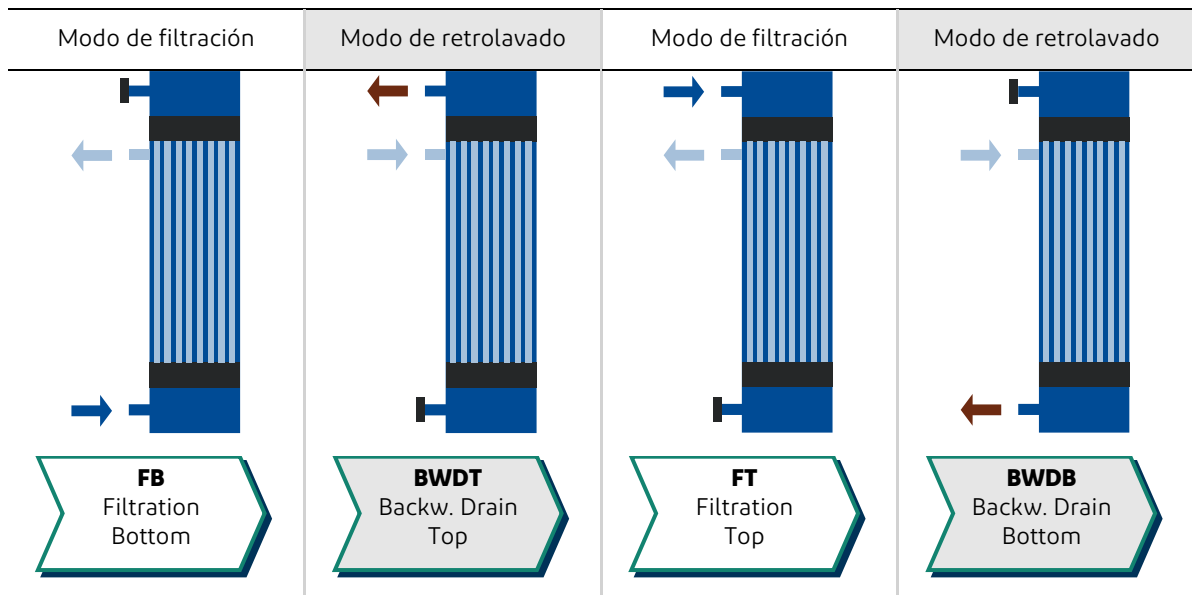


Figura 3.4-1 - Operación alternada

La filtración en la parte inferior (Filtration Bottom, FB) / el retrolavado con drenaje superior (Backwash Drain Top, BWDT) va seguida de la filtración en la parte superior (Filtration Top, FT) / el retrolavado con drenaje inferior (Backwash Drain Bottom, BWDB), y así sucesivamente en repetición continua.

4.4.2 Operación de lado único

La operación de lado único se aplica únicamente cuando se utiliza el colector DuPont™ T-Rack™ Manifold u otros diseños de colector con entrada en la parte inferior (Filtration Bottom, FB). Durante la operación de lado único se debe emplear el proceso de retrolavado combinado inverso (Reverse Combined Backwash, RCBW) tal y como se muestra en la Figura 3.4-2.

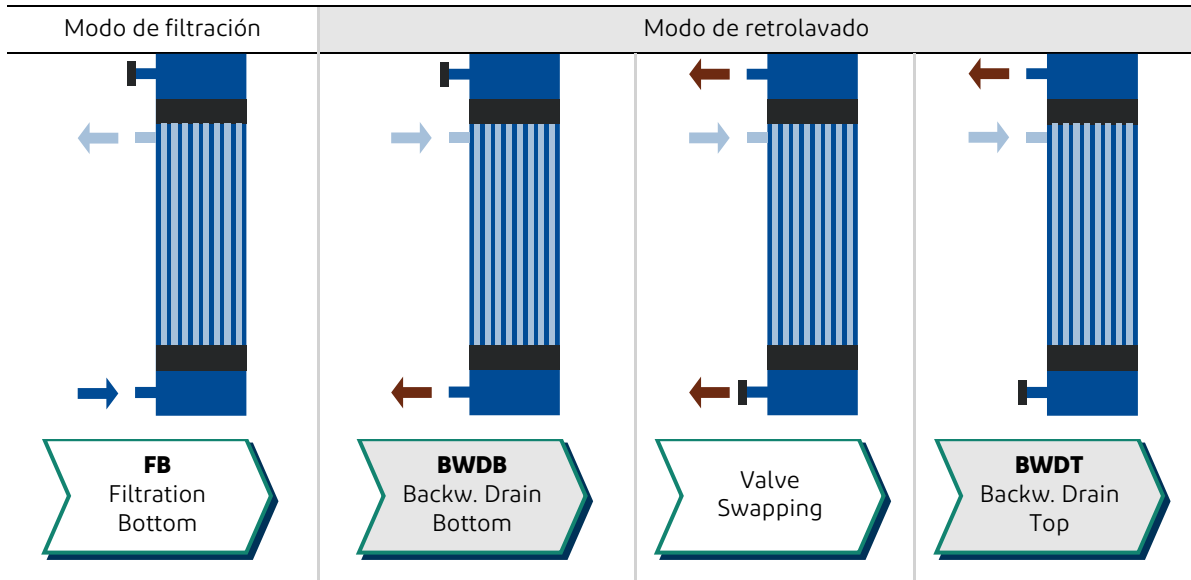



Figura 3.4-2: operación de lado único

La filtración en la parte inferior (Filtration Bottom, FB) va seguida de una secuencia de retrolavado combinado inverso (Reverse Combined Backwash, RCBW) (BWDB / VS / BWDT), y así sucesivamente en repetición continua.

Modos de operación de la membrana

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Para reducir al mínimo el tiempo de cambio de válvulas durante el modo de retrolavado (5-10 segundos, en función del tiempo de operación de la válvula), se recomienda que la apertura de la válvula del lado de BWDT y el cierre de la válvula del lado de BWDB se liberen en paralelo (= cambio de válvulas).
- En la siguiente Figura 3.4-3 encontrará las recomendaciones de DuPont™ para los ajustes temporales teóricos del RCBW y algunos ejemplos prácticos.


Gross Backwash Time $t_{BW\ Gross}$				
Backwash Drain Bottom		Valve Swapping (valve position)	Backwash Drain Top	
Ramping (up) Time	BWDB	Valve Swapping	BWDT	Ramping (down) Time
t_R	t_{BWDB}	$t_{Valve\ Swapping}$	t_{BWDT}	t_R
7 s	$0.5 \times t_{BW\ Net}$	5-10 s	$t_{BW\ Net}$ - t_{BWDB} - $t_{Valve\ Swapping}$	7 s
Net Backwash Time $t_{BW\ Net}$				
at BW Flux 230 L/(m ² h)				

Figura 3.4-3 - Ajustes temporales teóricos del RCBW y algunos ejemplos prácticos

- Las descripciones funcionales, incluyendo los consejos para el controlador lógico programable, se pueden facilitar si se solicita.

5 Calidad y tratamiento previo del agua de alimentación

5.1 Concentración máxima de alimentación y objetivos del tratamiento previo

NOTA	
	ATENCIÓN Respete las siguientes directrices

- En determinadas situaciones, el agua de alimentación puede contener o puede preverse que contenga sustancias potencialmente dañinas para la membrana o las fibras de la membrana, o que puedan causar incrustaciones o taponamientos. Eliminar estas sustancias sería demasiado complicado, aun con limpiezas químicas CIP (Clean-In-Place). En estos casos es fundamental llevar a cabo unos pasos de tratamiento previo eficaces con el fin de eliminar estas sustancias del agua antes de proceder a la ultrafiltración.
- La presencia de partículas predominantemente grandes en el agua de alimentación puede provocar incrustaciones irreversibles de los capilares o daños en la membrana y las fibras de la membrana. Por eso las partículas grandes y/o afiladas deben eliminarse mediante un filtro de malla colocado aguas arriba.

La calidad del agua de alimentación en un sistema de membrana tiene un efecto crucial en el rendimiento, la recuperación y la disponibilidad de la membrana. Las sustancias en el agua que superen constantemente una concentración crítica o que asciendan momentáneamente por encima de una concentración máxima pueden hacer que el flux, la permeabilidad factible y las tasas de recuperación descendan por debajo de los valores de diseño establecidos. Esto se aplica también a la dosificación de los coagulantes inorgánicos a base de hierro o aluminio, y del carbón activado en polvo. Las concentraciones que superen los niveles permitidos también pueden aumentar notablemente la frecuencia de los retrolavados químicamente mejorados (Chemically Enhanced Backwash, CEB) necesarios para mantener la estabilidad de la operación, así como la frecuencia de la limpieza in situ (Clean-In-Place, CIP) química para eliminar las sustancias persistentes de incrustaciones/taponamientos. Esto puede provocar un aumento del consumo de sustancias químicas y afectar negativamente a la disponibilidad del sistema.

No se pueden ofrecer valores fijos para las concentraciones críticas y máximas de los contaminantes del agua de alimentación. La compatibilidad de la membrana con los diversos contaminantes variará en función del tipo e incluso del subtipo del agua de origen utilizada y de la naturaleza exacta de los contaminantes encontrados, como el tipo y la calidad del carbón activado en polvo que se añade.

5.2 Microfloculación

Vista general

Las sustancias orgánicas disueltas (DOC) en el agua de alimentación de UF pueden provocar la acumulación de una capa de incrustamiento difícil de eliminar de forma hidráulica, además de contaminar el agua de filtrado de la UF debido al paso a través de las membranas de ultrafiltración. La microfloculación se utiliza para prevenir o reducir los efectos negativos de la materia orgánica disuelta por precipitación y en última instancia rechazar las moléculas orgánicas en las membranas de ultrafiltración. Por eso en muchas instalaciones de ultrafiltración la microfloculación mediante la coagulación en línea se utiliza de manera eficaz como un proceso de tratamiento previo. A diferencia de la sedimentación y la filtración profunda, que requieren la formación de grandes macroflóculos, la ultrafiltración solo requiere una coagulación con posterior formación de los denominados "microflóculos". Esto presenta la ventaja de reducir la cantidad necesaria de coagulantes y minimizar la cantidad de fango producida.

En función de la concentración y la estructura característica de las sustancias orgánicas disueltas en el agua de alimentación, se añaden cantidades específicas de coagulante inorgánico (normalmente sales metálicas como FeCl_3 , hidroxiclóruo de aluminio (PACI) al agua antes de la ultrafiltración, y se aplican cantidades moderadas de energía en forma de mezclado para formar microflóculos. Los principales efectos son una reducción de los contaminantes orgánicos libres como resultado de la aglutinación de las sustancias orgánicas disueltas en los flóculos de hierro o aluminio y la formación de una capa de recubrimiento porosa de microflóculos en la superficie de la membrana que contribuye a favorecer un proceso de filtración estable y una elevada efectividad del retrolavado. Por ello se puede utilizar para aumentar o estabilizar el rendimiento de la membrana.

Además, una aplicación adecuada del proceso de microfloculación puede mejorar la calidad del agua de filtrado, en particular en lo relativo a la concentración de sustancias orgánicas disueltas (DOC) (que en muchos casos se pueden reducir hasta en un 60 %), el SDI (Índice de Densidad de Sedimentación = índice de obstrucción; un parámetro de calidad fundamental para un sistema de ósmosis inversa aguas abajo del sistema de UF), y la concentración de fosfatos (especialmente importante en aplicaciones de aguas residuales).

A la hora de efectuar la microfloculación, es importante tener en cuenta que la concentración de residuos de las sales metálicas dosificadas en el filtrado no debe superar el 1 % de la concentración de metales añadidos y en ningún caso debe superar ningún límite relevante que se puedan aplicar (p. ej., para el tratamiento de agua potable).

5.3 Ejecución de la microfloculación

El objetivo de la microfloculación (empleando la coagulación en línea) es eliminar tantas sustancias orgánicas disueltas (DOC) como sea posible al mismo tiempo que se mantienen las condiciones del proceso para minimizar la cantidad de coagulante que permanece en el filtrado de UF. Alcanzar este objetivo requiere ajustar con precisión el proceso de coagulación en línea. En función del tipo de coagulante y la calidad del agua de origen se debe emplear un ácido o una sosa para ajustar el valor pH con el fin de asegurar un pH óptimo para la coagulación y la microfloculación. El tiempo de contacto necesario para el coagulante depende del tipo y la concentración del mismo, así como de la composición química y la temperatura del agua.

Para poder definir los mejores parámetros de coagulación posibles, DuPont™ recomienda efectuar unas pruebas de jarra en una fase preliminar. El sistema de dosificación del coagulante se puede diseñar luego conforme a los resultados de estas pruebas. Es importante que las pruebas de jarras se centren en los parámetros analíticos, como las concentraciones residuales de Al y Fe y la eliminación de DOC, antes que en parámetros ópticos, como la formación de flóculos. La Tabla 4.3-1 ofrece una vista general de diversos coagulantes y sus características principales.

Tabla 4.3-1 - Parámetros de coagulación en línea y de microfloculación

Coagulante		FeCl ₃	PACl
Dosificación de Fe/Al¹	[mg/l]	0,3 - 7,0	0,2 - 5,0
Dosificación específica (Me³⁺/DOC)	[mg/mg]	0,5 - 2,0	0,25 - 0,5
Intervalo de pH		5,0 - 10,0	6,5 - 7,5
pH óptimo		6,8 - 7,0	6,8 - 7,0
Tiempo de contacto²	[s]	30 - 60	30 - 60
Tasa de eliminación de DOC³	[%]	10 - 60	10 - 60
Cantidad restante(en porcentaje de dosificación)⁴		1 %	1 %

¹ La dosificación se puede reducir para aplicaciones en piscinas (p. ej., 0,03 mg/l AL/Fe).

² El tiempo de contacto puede presentar una variación significativa dependiendo de la temperatura del agua, el valor de pH, la composición química del agua y los objetivos de tratamiento (t < 30 segundos y t > 60 segundos) → potencial para la optimización.

³ Eliminación de sustancias orgánicas en función de la composición química del agua y los parámetros de coagulación (valor de pH, etc.).

⁴ Residuos considerables de Me³⁺ (sales metálicas) que indican un problema con los parámetros de coagulación (condiciones de mezclado, valor de pH, alcalinidad, tiempo de contacto, dosificación) y deberían evitarse rigurosamente.

En este caso es importante tener en cuenta que el uso del prefiltro para mezclar el coagulante puede provocar incrustaciones o taponamientos del prefiltro (p. ej., precipitación de hidróxidos de aluminio). Es posible que estas sustancias químicas sean necesarias para eliminar estas incrustaciones si ya no puede hacer solo con un retrolavado. Por eso, DuPont™ recomienda instalar un prefiltro aguas arriba desde la estación dosificadora de coagulante o aguas abajo desde la zona de contacto. Si las tuberías existentes no garantizan un tiempo de contacto suficiente, puede instalarse un depósito de contacto para aumentar el tiempo de contacto del coagulante. Los siguientes diagramas de proceso muestran un intervalo de diferentes configuraciones para la coagulación en línea y la microfloculación.

Calidad y tratamiento previo del agua de alimentación

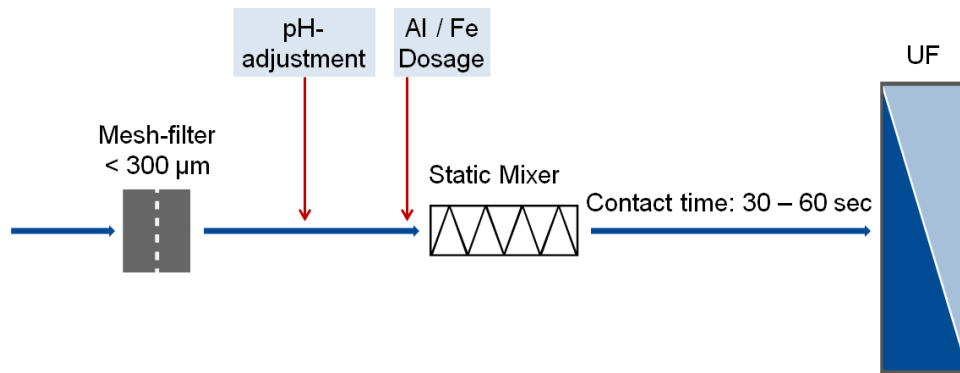


Figura 4.3-1 - Ejemplo 1: prefiltro – microfloculación – mezclador estático - UF

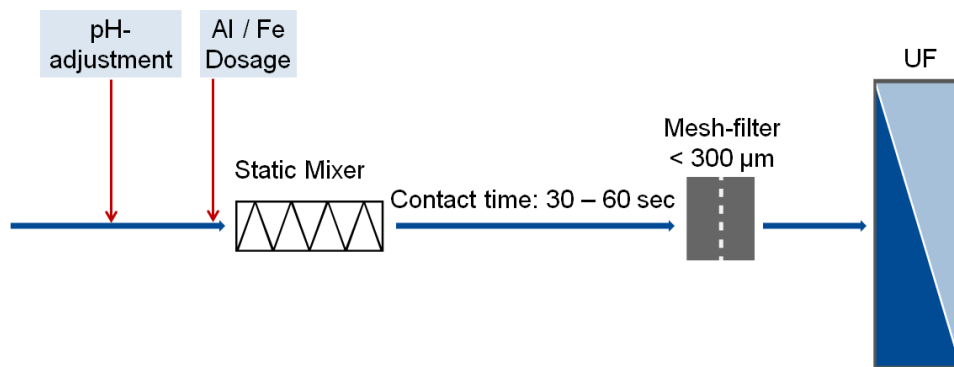


Figura 4.3-2 - Ejemplo 2: microfloculación – mezclador estático – prefiltro – UF

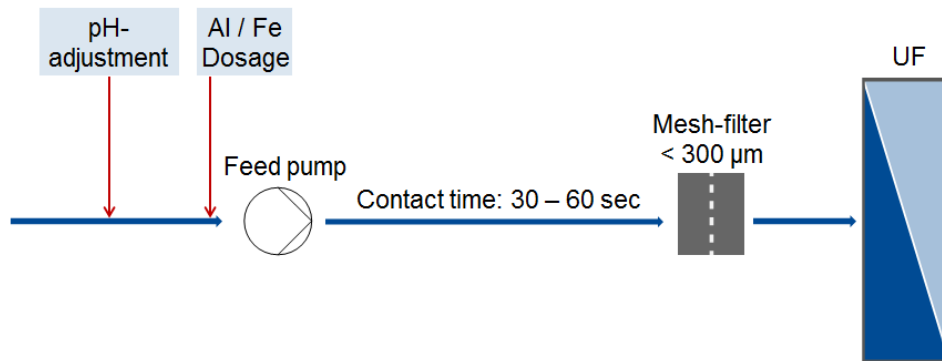


Figura 4.3-3 - Ejemplo 3: microfloculación – bomba de alimentación – prefiltro – UF

NOTA



ATENCIÓN


Respete las siguientes directrices

- Es importante garantizar un mezclado correcto y un tiempo de contacto adecuado. Para obtener los mejores resultados de microfloculación, el tiempo de contacto para las sustancias químicas debe ajustarse de forma que refleje la calidad del agua de origen (p. ej., temperatura) y los requisitos relativos a la calidad del agua de filtrado (p. ej., DOC, concentración residual de Al o Fe en el filtrado). En ningún caso se debe permitir que la microfloculación tenga lugar en la membrana o en el lado de filtrado de la membrana (este sería el caso si los coagulantes no pudiesen reaccionar completamente con el agua de alimentación de UF debido a las limitaciones en el tiempo y/o el mezclado, y provocasen unos procesos de precipitación inaceptables en/o sobre la superficie de la membrana).
- Todas las sustancias químicas añadidas a las membranas y los módulos deben cumplir al menos el nivel de calidad técnica exigido. Las sustancias químicas contaminadas pueden provocar incrustaciones irreversibles y por ello no se permite su uso.
- A la hora de diseñar la microfloculación, tenga en cuenta que los procesos de microfloculación son notablemente más lentos a bajas temperaturas (< 5 -10 °C). Para contrarrestar esto, DuPont™ recomienda emplear hidroxiclورو de aluminio (PACl) que reacciona considerablemente más rápido que otros coagulantes a bajas temperaturas.
- Cuando se calcule el tamaño y la forma del depósito de contacto, es importante escoger un diseño que evite los cortocircuitos en el depósito.
- Deben seguirse las instrucciones especiales para la CEB y la limpieza in situ (Clean-In-Place, CIP), y se deben efectuar limpiezas periódicas con ácidos una vez que los coagulantes se hayan introducido en el agua de alimentación de UF.
- No se pueden utilizar coagulantes orgánicos ni coadyuvantes de coagulación (p. ej., polielectrolitos), ya sea solos o en combinación con coagulantes inorgánicos, ya que pueden provocar unas fuertes incrustaciones químicamente irreversibles en las membranas que incluso las limpiezas CIP pueden ser incapaces de eliminar. En determinadas circunstancias especiales es posible utilizar sustancias de este tipo, pero solo si su uso ha sido comprobado y aprobado por escrito y de antemano por DuPont™.
- Para evitar una dosificación excesiva de coagulantes, es importante vigilar y documentar la concentración de coagulantes en el agua de origen, la alimentación y el filtrado.

5.4 Cloración continua en el agua de alimentación de UF

En algunos casos se utiliza la precloración continua como una forma de tratamiento previo para combatir la proliferación de bacterias en las instalaciones de tratamiento de agua. Por diversas razones no se recomienda aplicar precloración a la UF.

En algunos casos se considera que la cloración continua del agua de alimentación a la UF previene la proliferación microbiana y macrobiana en las estructuras de admisión del agua de alimentación de UF; sin embargo, no se recomienda aplicar la cloración continua aguas arriba del sistema de UF. En su lugar, DuPont™ aconseja implementar otras estrategias de limpieza de los puntos de admisión, como la cloración de choque (véase a continuación).

NOTA	
	ATENCIÓN Respete las siguientes directrices

- El cloro es un potente oxidante que puede provocar la formación de hidrocarburos clorados volátiles en los procesos de cloración del agua. Este subproducto se genera como resultado del cloro libre que reacciona con material orgánico. Los subproductos más conocidos son los trihalometanos (THM), un tipo de sustancias químicas que incluyen cloroformo, que según se ha demostrado provoca cáncer en animales de laboratorio, y las cloraminas, que se cree que producen alergias y que originan el olor a cloro asociado con las piscinas cloradas.
- Los THM y otros hidrocarburos clorados que se forman como subproductos en el proceso de cloración se agrupan en el parámetro AOX, cuyas siglas significan compuestos orgánicos halógenos adsorbibles. En muchos países existen valores umbral para la descarga de aguas residuales.
- La experiencia ha demostrado que el uso de la cloración continua en el agua de alimentación de ultrafiltración es altamente contraproducente. La cloración de la materia orgánica crea numerosos fragmentos orgánicos diminutos que pueden ocasionar el bloqueo de los poros de la membrana.
- Además, los fragmentos orgánicos producidos por la cloración tienden a ser biodisponibles, una situación que se agrava por el considerable aumento en la tasa de proliferación de bacterias del agua si se neutraliza el cloro libre. La combinación de estos factores provoca un aumento en la formación de biopelículas (bioincrustación) en cualquier dispositivo o proceso aguas abajo (p. ej., membranas de ósmosis inversa).


Por este motivo, la dosificación continua de cloro no se debe utilizar como fase de tratamiento previo.

- Una mejor elección para el tratamiento previo es un proceso conocido como cloración de choque, que consiste en agregar una dosis elevada de cloro al agua de origen durante un breve periodo de tiempo a intervalos menos frecuentes.

6 Retrolavado químicamente mejorado (Chemically Enhanced Backwash, CEB)

6.1 Vista general

El retrolavado químicamente mejorado (Chemically Enhanced Backwash, CEB) se utiliza para favorecer la efectividad de un retrolavado. Se efectúa tras un número definido de ciclos de operación

NOTA	
	ATENCIÓN Respete las siguientes directrices


- Deben respetarse las directrices estipuladas en el apartado "Uso de sustancias químicas para CEB/CIP". Para la mayoría de las aplicaciones, los CEB ácidos y cáusticos (con o sin la adición de oxidantes) han demostrado ser generalmente la mejor opción. Antes de emplear cualquier otra sustancia química, es necesario ponerse en contacto con DuPont™ para obtener la aprobación por escrito e información sobre las concentraciones permitidas.
- Si se efectúa un CEB con un flux reducido (inferior a 230 L/(m²h)), se realizará primero un retrolavado. Esto mejora la efectividad de la solución de limpieza en el CEB subsiguiente.
- Un CEB solo se puede efectuar empleando agua con calidad de filtrado por UF de DuPont™ o bien un permeado de ósmosis inversa. El agua empleada debe estar libre de partículas abrasivas y que puedan bloquear la membrana. A la hora de sacar el agua del depósito para un CEB se aplica la misma regla que para retrolavados normales, es decir, hay que asegurarse de que ningún producto de la corrosión o la erosión que pueda haberse formado en el depósito o en las tuberías sea arrastrado dentro del módulo.
- La frecuencia de los CEB depende de la calidad del agua de alimentación y de otras condiciones de operación, como el flux y la tasa de conversión. El CEB se suele llevar a cabo varias veces a la semana.
- Es importante garantizar que las sustancias químicas del CEB se inyectan en el sistema durante un periodo de tiempo suficientemente largo para asegurarse de que se distribuyen de manera uniforme y homogénea por todo el bastidor.
- La efectividad de un CEB no solo depende de las sustancias químicas utilizadas, sino también del tiempo de remojo, los ciclos de operación y los intervalos temporales entre cada CEB. Por eso la secuencia de los diversos CEB debe programarse con la mayor flexibilidad posible.
- Para la gran mayoría de las aplicaciones, los CEB alcalinos han demostrado ser la mejor opción para eliminar las acumulaciones orgánicas, y los CEB ácidos han demostrado ser la mejor solución para eliminar las incrustaciones inorgánicas.
- Dado que siempre existe la posibilidad de precipitación en un CEB alcalino, este siempre debe ir seguido de un CEB ácido. Se aconseja operar el sistema de membrana con un ciclo de filtración entre un CEB cáustico y un CEB ácido con el fin de rellenar el depósito de retrolavado y neutralizar el agua en las fibras de la membrana.
- Un CEB alcalino siempre debería efectuarse en combinación con uno ácido, como un CEB cáustico/ácido. Los CEB ácidos pueden efectuarse como procedimientos independientes o en combinación con los cáusticos, como un CEB cáustico/ácido.

Retrolavado químicamente mejorado (Chemically Enhanced Backwash, CEB)

- Si se utilizan coagulantes a base de hierro en la fase de tratamiento previo, los residuos solo pueden eliminarse con un CEB ácido. Si se utilizan coagulantes a base de aluminio, entonces se puede efectuar un CEB ácido o alcalino.
- La solución de CEB con contenido de cloro que se ha enjuagado del sistema no debe mezclarse en ningún caso con soluciones de CEB ácidas (p. ej., en un depósito de neutralización), ya que esto podría provocar la formación de gas de cloro tóxico.

Los CEB mencionados en la Tabla 5.2-1 o la combinación de estos, con frecuencias definidas, se emplean en función de la aplicación y la calidad del agua de alimentación. Durante la programación u organización de las secuencias de CEB deben tenerse en cuenta los siguientes puntos.

6.2 Tipos de CEB

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Una secuencia de CEB cáustico/ácido se trata como un CEB único. En la Tabla 5.2-1, esto se denomina como CEB 1 y se divide entre un CEB 1.1 alcalino y un CEB 1.2 ácido. Si se añade un oxidante al CEB 1.1 alcalino, se denomina CEB 1.1 (B); si no se añade ningún oxidante, se denomina CEB 1.1 (A).
- El CEB ácido se denomina CEB 2 (Tabla 5.2-1). El CEB 2 ácido se considera independiente, lo que significa que se utiliza con independencia de otros CEB para permitir la eliminación eficaz de la acumulación de incrustaciones provocada por los coagulantes o componentes inorgánicos del agua (p. ej., FeCl₃, PACl).
- El CEB oxidante se denomina CEB 3 (Tabla 5.2-1). El CEB 3 se considera independiente, lo que significa que se utiliza con independencia de otros CEB. Solo es necesario en aplicaciones que incluyan el tratamiento de agua proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 5.2-1 - Organización de los CEB

CEB	CEB 1			CEB 2	CEB 3
Nota	Secuencia de dos fases de limpieza química (CEB 1.1 y CEB 1.2): cáustica seguida de ácida			Fase simple, efectuada por separado desde otros CEB	Fase simple, efectuada por separado desde otros CEB
Objetivo	Limpiar depósitos orgánicos y luego limpiar depósitos inorgánicos y/o eliminar la precipitación			Eliminar depósitos inorgánicos (incluyendo el residuo del coagulante)	Desinfección
Subprograma	CEB 1.1(A)	CEB 1.1(B)	CEB 1.2	-	-
Características	Solamente alcalino	Alcalino oxidativo	+ Ácido	Ácido	Desinfección
Sustancias químicas	NaOH	NaOH y NaOCl	HCl o H ₂ SO ₄	HCl o H ₂ SO ₄	NaOCl

Puede dirigirse a DuPont™ y solicitar más consejos para el controlador lógico programable.

Retrolavado químicamente mejorado (Chemically Enhanced Backwash, CEB)

6.3 Cómo se efectúa un CEB

El CEB se efectúa de manera básicamente similar a un retrolavado, es decir, el filtrado circula desde el lado de filtrado hasta el lado de alimentación.

Además, se agrega un agente químico de limpieza al filtrado para aumentar la efectividad del proceso. La Figura 5.3-1 muestra la secuencia básica de pasos utilizada normalmente para efectuar un CEB conforme a los valores típicos para los respectivos ajustes de parámetros. Las sustancias químicas se introducen en el sistema empleando un flux definido (en este caso se denomina flux de inyección) de aprox. 120 L/(m²h) (71 GFD) que es más baja que la flux del retrolavado. Para mejorar la distribución de la solución de CEB dentro del bastidor, la inyección de la solución debe dividirse entre una "inyección química en el drenaje inferior" y una "inyección química en el drenaje superior". La duración de la inyección en el drenaje inferior y la inyección en el drenaje superior debe ser de al menos el 20 % de la duración total del tiempo de inyección química en cada caso.

Una vez que el bastidor se ha llenado completamente de solución de limpieza (controlada por el ajuste de tiempo de inyección química), el proceso de inyección se detiene y el bastidor de UF se aísla cerrando todas las válvulas de entrada y de salida.

Esto marca el inicio del periodo de remojo. Una vez transcurrido el tiempo de remojo, la solución química y las sustancias eliminadas de la membrana deben enjuagarse y sacarse del módulo/bastidor con el filtrado. Esto se logra mediante un retrolavado con drenaje inferior (con una duración de aproximadamente 30 segundos) seguido de un retrolavado con drenaje superior (también con una duración de aproximadamente 30 segundos). El flux para aclarar la solución debe ser de 230 L/(m²h) (135 GFD), al igual que en el caso del retrolavado normal. Los índices de flujo más altos para el aclarado son aplicables teniendo en cuenta los límites descritos en las respectivas fichas técnicas de los productos

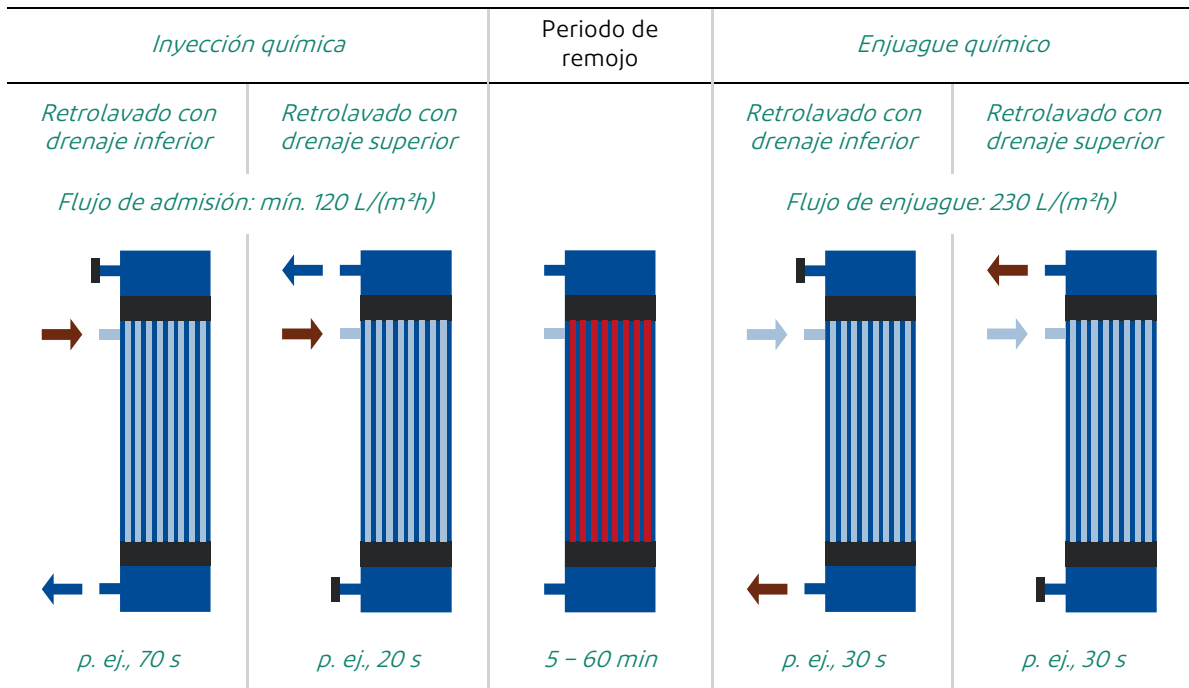


Figura 5.3-1: el proceso de retrolavado químicamente mejorado (Chemically Enhanced Backwash, CEB) con los parámetros típicos para un flux de inyección de 120 L/(m²h) (71 GFD)

Retrolavado químicamente mejorado (Chemically Enhanced Backwash, CEB)

El tiempo necesario para lavar las sustancias químicas del interior del módulo(s)/bastidor en un CEB depende de la posición de los puntos de dosificación química (denominados aquí t_{ex} = "tiempo externo", que se define como el tiempo necesario para que la solución de CEB recorra el trayecto desde el punto de dosificación química hasta el bastidor), de los aparatos de mezclado instalados y de las respectivas velocidades de flujo en las tuberías de retrolavado y en los sistemas de tuberías construidos dentro del bastidor. Con un flux de inyección de 120 L/(m²h) (71 GFD), el tiempo de inyección química (medido a partir del momento en que la solución de CEB penetra en el rack[®] hasta que el rack[®] completo está totalmente lleno) es de aproximadamente 60 - 90 segundos. Este periodo temporal se denomina en este caso t_{int} (= "tiempo interno" dentro del bastidor).

El tiempo total de inyección química es la suma de t_{int} y del periodo temporal t_{ex} (véase Figura 5.3-2). Las cifras exactas para estos dos intervalos temporales deberían calcularse dentro del proceso de puesta en marcha del sistema.

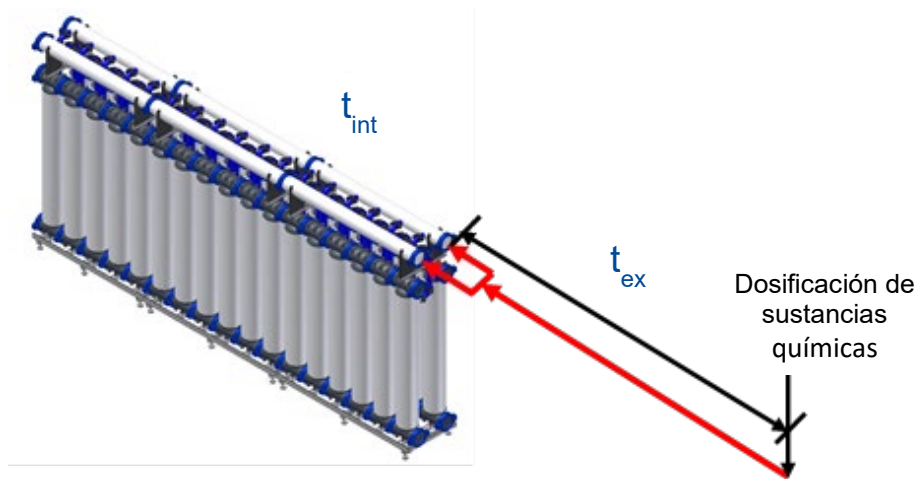


Figura 5.3-2 - Tiempo de inyección química total durante el CEB


7 Limpieza in situ química (Clean-In-Place, CIP)

7.1 Vista general

El proceso de UF de DuPont™ se ha concebido para mantener la membrana en un estado limpio durante toda la operación, efectuando los pasos de limpieza hidráulica (retrolavado) y los pasos de limpieza química (Chemically Enhanced Backwash, CEB). Sin embargo, el agua de alimentación puede contener contaminantes (naturales o introducidos), que no se consigan eliminar adecuadamente mediante el CEB.

El procedimiento de limpieza in situ (Clean-In-Place, CIP) se ha diseñado con el fin de restablecer la productividad de la membrana para las incrustaciones y taponamientos difíciles de eliminar. Existen diversos procedimientos y sustancias químicas para la CIP, en función de la naturaleza de las incrustaciones o taponamientos. La CIP se efectúa normalmente como un procedimiento manual; sin embargo, también es posible automatizar completamente el procedimiento.

Una CIP se efectúa introduciendo una solución química en los módulos y cerrando el bastidor individual de UF durante un periodo más largo que el necesario para los métodos de limpieza convencionales. Una de las principales diferencias con un CEB es que una CIP se caracteriza por la recirculación de diferentes sustancias químicas mediante un desplazamiento a través de las membranas y de vuelta a un depósito de CIP, seguido de un tiempo de remojo ampliado (en algunos casos el depósito de alimentación también se puede utilizar como depósito de CIP).

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Se debe efectuar una CIP si la permeabilidad del sistema desciende por debajo de 100 -150 L/(m²h)/bar (4 – 6 GFD/psi) y si este descenso no se puede revertir ejecutando un CEB. Una CIP se considera realizada con éxito si, después de llevarla a cabo, la permeabilidad del sistema se restablece hasta un valor de al menos 70 - 80 % del valor de referencia* registrado tras la puesta en marcha del sistema de ultrafiltración.
- Solo las sustancias químicas especificadas en el apartado "Uso de sustancias químicas para CEB/CIP" se pueden utilizar para una CIP, y solo respetando las concentraciones y los tiempos de remojo especificados. No se puede utilizar ninguna otra sustancia química a menos que se haya obtenido la aprobación previo y por escrito de DuPont™ en el que se acepta expresamente su uso y se establece la concentración permitida.
- El agua empleada para preparar la solución de limpieza de la CIP debe tener al menos una calidad de agua potable. Si se dispone de permeado de ósmosis inversa, se debe utilizar para la CIP alcalina. Tenga en cuenta que se puede producir precipitación en el agua de CIP, en particular si para la CIP alcalina se emplea el filtrado de UF o el agua con calidad de agua potable. Por eso una CIP alcalina siempre debe ir seguida de una CIP ácida o, como alternativa, de CEB ácido estándar.
- La duración total de la recirculación y el tiempo de remojo de una CIP depende de la efectividad de sus resultados de limpieza, aunque no debe superar las 12 horas.

* La experiencia ha demostrado que la permeabilidad disminuye durante la fase de ejecución inicial de una membrana, que por lo general dura en torno a una semana, y desciende desde su nivel inicial a un nivel de permeabilidad más bajo pero estable, que depende de diversos factores, incluyendo la calidad del agua de origen. Este nivel estable posterior es el que se clasifica como el valor de referencia. La permeabilidad inicial de los módulos PES-UF se encuentra aproximadamente en torno a 700 L/(m²h)/bar (28,4 GFD/psi), mientras que la permeabilidad de referencia se encuentre entre 300 y 600 L/(m²h)/bar (12,2 – 24,4 GFD/psi) en función de la calidad del agua de origen.

Limpieza in situ química (Clean-In-Place, CIP)

- Antes de una CIP se debe efectuar un retrolavado convencional para garantizar que la superficie de la membrana está lo más limpia posible y para enjuagar cualquier partícula extraña que pueda encontrarse en las tuberías de los módulos o bastidores.
- A la hora de efectuar una CIP, asegúrese de que los módulos y bastidores que se van a limpiar están desconectados del resto del sistema principal.
- La solución de CIP debe introducirse en el bastidor desde el lado de alimentación del módulo/bastidor. Esto evita que cualquier sustancia nociva que pueda provocar un incrustamiento o taponamiento penetre a través del lado de filtrado de las membranas durante la recirculación de la CIP.
- En algunas aplicaciones es posible mejorar la efectividad del proceso de limpieza y reducir el tiempo de remojo calentando la solución de CIP. Si se dispone de un sistema para calentar la solución CIP, este sistema debe cumplir la temperatura máxima permitida de 40 °C y la tasa máxima permitida de cambios de temperatura de 5 °C/min. Se necesita una cantidad considerable de energía para calentar la solución y el proceso de asegurar el cumplimiento de la tasa máxima de cambios de temperatura de 5 °C/min puede ser relativamente complicado. Calentar la solución de CIP no resulta necesario en la gran mayoría de las aplicaciones, y por eso no se recomienda cuando se utilizan módulos DuPont™.
- Asegúrese de que existe una ventilación adecuada del área antes y durante el uso de los agentes químicos de limpieza.
- A la hora de preparar la solución química en un depósito de CIP (mezclando el agente químico de limpieza y el agua), los agentes químicos siempre deben agregarse al depósito de agua, y no al revés. Si se agrega agua a las sustancias químicas concentradas puede provocar una reacción violenta.
- Es importante garantizar una recirculación de las sustancias químicas de la CIP en el sistema durante un periodo de tiempo suficientemente largo para asegurarse de que se distribuyen de manera uniforme y homogénea por todo el bastidor en la concentración necesaria en cada caso. Si la concentración disminuye por debajo del valor necesario, se debe agregar algo más de la sustancia química.
- Tenga en cuenta que la concentración de la solución de CIP se disolverá con el agua almacenada en el bastidor, incluyendo el manifold (denominado "volumen de retención") y que este volumen de retención puede ocasionar precipitación en el caso de una CIP alcalina. Por eso, a la hora de efectuar una CIP utilizando el permeado de ósmosis inversa, puede resultar acertado vaciar el bastidor, incluyendo el manifold, antes de inyectar la solución de CIP.
- Para aumentar la eficiencia de una limpieza CIP, DuPont™ recomienda efectuar múltiples pasos de limpieza sucesivos empleando diferentes sustancias químicas.
- Si se utiliza un coagulante en la fase de tratamiento previo, o si se sospecha que puedan haberse acumulado metales en la superficie de la membrana, es fundamental efectuar una CIP ácida antes de cualquier CIP o proceso de desinfección que incluya oxidantes para optimizar la eficiencia de limpieza y para evitar que el coagulante se deposite en la membrana. Asegúrese de que la solución de CIP ácida se ha enjuagado completamente del sistema antes de realizar la CIP oxidante o el proceso de desinfección.
- Las soluciones de CIP con contenido de cloro no deben mezclarse en ningún caso con soluciones de CIP ácidas (p. ej., en un depósito de neutralización), ya que esto podría provocar la formación de gas de cloro tóxico.

7.2 Establecer la recirculación de CIP

El depósito de CIP debe diseñarse de forma que sea lo suficientemente grande para garantizar que el nivel de agua mínimo suministra una presión inicial suficiente al lado de admisión de la bomba de CIP y que las tuberías anteriormente vacías del sistema de recirculación se pueden llenar. Por eso el volumen total del depósito de CIP se obtiene sumando los siguientes volúmenes parciales:

- Volumen vacío de las tuberías desde la alimentación superior hasta el módulo/bastidor incl. manifold (V1)
- Volumen vacío de los tubos de filtrado (V2)
- Volumen vacío de las tuberías desde la alimentación inferior hasta el módulo/bastidor incl. manifold (V3)
- Volumen necesario para proteger la bomba de CIP del funcionamiento en seco (V4)
- En aplicaciones con agua de mar, el bastidor de UF tiene que drenarse antes de la CIP.

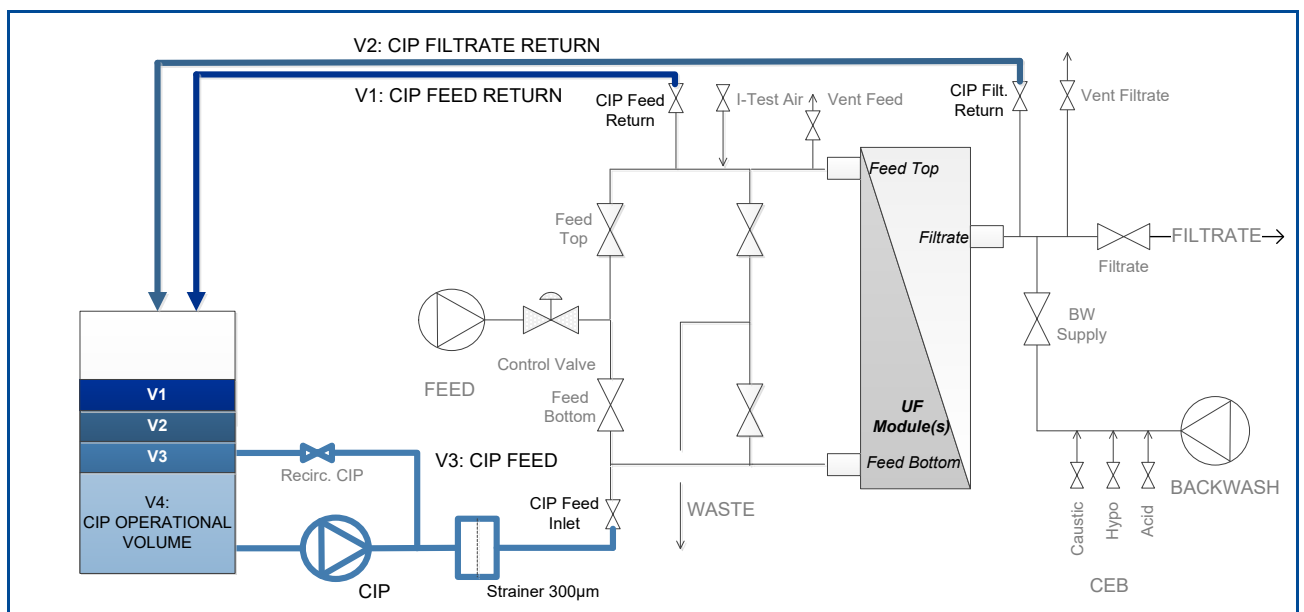


Figura 6.2-1 - Volúmenes parciales para determinar el tamaño del depósito de CIP

Para proteger las membranas de las partículas nocivas, es importante instalar un filtro de malla con un paso mínimo de 300 µm en el sistema de recirculación o en el punto en el que la solución de CIP se introduce en el sistema. El flux recomendado para limpiar todos los módulos de ultrafiltración de DuPont™ es de al menos 25 L/(m²h) (12 GFD), la pérdida de presión hidráulica máxima es de 1 bar /14,5 psi).

[Recomendación de diseño para la capacidad de la bomba de limpieza CIP:

Número de módulos x superficie de área / módulo x 25 L/(m²h) (12 GFD) = flux a mínimo 1 bar]

7.3 Cómo se efectúa una CIP

7.3.1 Preparar la solución química para una CIP

1. El depósito de CIP (o depósito de alimentación) se llena de filtrado de UF, permeado de ósmosis inversa o agua potable. Si se dispone de permeado de ósmosis inversa, se debe utilizar para la CIP alcalina.
2. Los agentes químicos de limpieza se agregan al depósito de CIP lleno de agua, y no al revés.
3. La solución química se mezcla empleando un mezclador o un sistema de recirculación especial.

Tras el mezclado, compruebe que el valor de pH y la concentración de la solución corresponden a los valores objetivo. Es importante asegurarse de que las concentraciones no superan las concentraciones máximas indicadas en la documentación específica de producto de DuPont™.

4. (En los sistemas de agua de mar, en este punto debe existir un paso de drenaje del bastidor).
5. Si se va a utilizar un sistema de calefacción para calentar la solución química, el proceso de calentamiento no puede comenzar hasta que haya empezado la recirculación de la solución química por los módulos. Las diferencias importantes de temperatura entre la solución química y el agua en el interior de los módulos puede provocar grietas por tensión en el módulo y por eso deben evitarse. No supere la tasa máxima permitida de cambios de temperatura ni la temperatura de operación máxima permitida para los módulos.

7.3.2 Preparación para un proceso de CIP

1. Para una CIP manual, asegúrese de que las válvulas se encuentran en las posiciones correctas y que las conexiones se han establecido correctamente para el ciclo de limpieza:
 - Flujo de entrada de solución de limpieza = conexión de colector inferior de alimentación
 - Flujo de salida de solución de limpieza = conexión de colector superior de alimentación
 - Flujo de salida de filtrado = filtrado
2. La solución de limpieza se puede bombear en modo de desplazamiento o en modo de filtración. Sin embargo, el método de CIP descrito no debe utilizarse en ningún caso en la dirección de retrolavado, ya que esto podría provocar una contaminación o una proliferación de bacterias irreversible y a gran escala en el lado de filtrado.

7.3.3 Recirculación y tiempo de remojo

1. En la primera fase, la recirculación únicamente debe realizarse a través del lado de alimentación durante al menos 60 minutos para poder efectuar la limpieza inicial solo del alma de las fibras. La válvula de filtrado está cerrada durante este procedimiento.
2. La inyección de la solución química en el alma de las fibras del lado de alimentación se acciona al arrancar la bomba de limpieza CIP (Figura 6.3-1). Establezca el flux mínimo conforme a lo dispuesto en el apartado "Establecer la recirculación de CIP". Es importante garantizar la ventilación en el lado de alimentación.

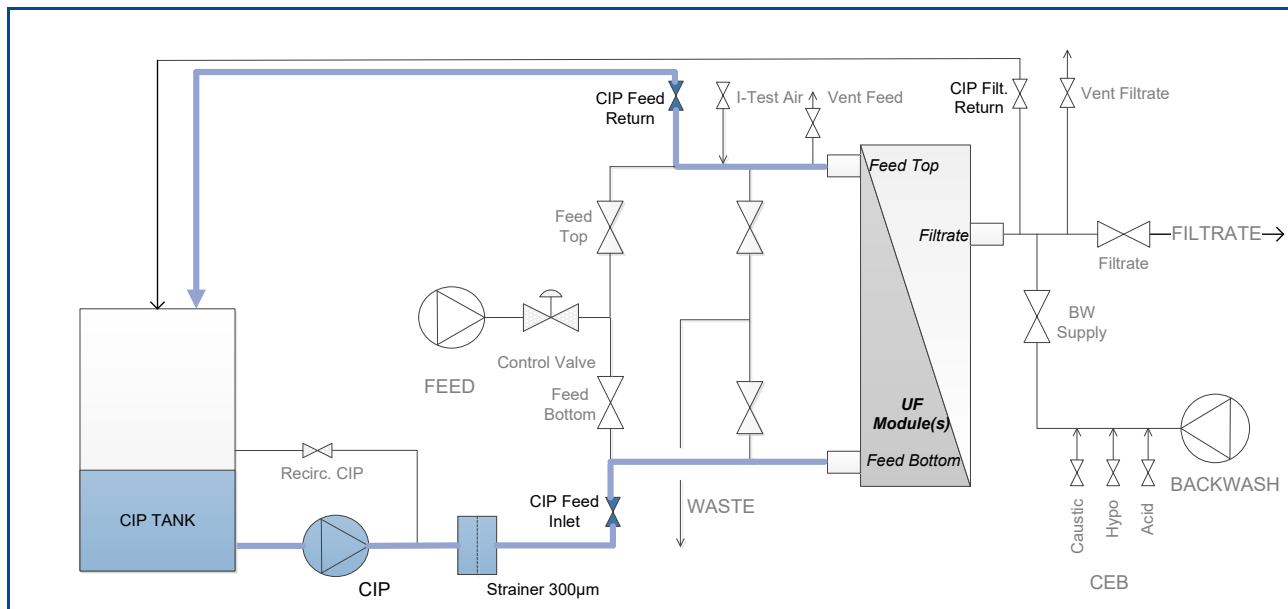


Figura 6.3-1 - Recirculación en el lado de alimentación

3. Si la solución química se va a calentar, debe calentarse lentamente hasta 30-35 °C mientras se encuentra recirculando por el sistema. No supere la tasa máxima permitida de cambios de temperatura ni la temperatura de operación máxima permitida para los módulos.
4. Las lecturas de la temperatura, el valor de pH y la concentración de la solución de limpieza deben vigilarse constantemente y documentarse para garantizar que se mantienen dentro del rango necesario y dentro del alcance de las condiciones de operación permitidas. Unos periodos de recirculación prolongados potencialmente podrían calentar la solución hasta un nivel superior a la temperatura máxima permitida debido a que el calor residual de la bomba entra en juego. Si la temperatura supera el nivel necesario, esto se debe contrarrestar agregando filtrado de UF nuevo, permeado de RO o agua potable. El valor de pH y la concentración química deben ajustarse para cumplir los requisitos.
5. Una vez transcurridos al menos 60 minutos con la solución recirculando únicamente por el lado de alimentación, el proceso avanza a una segunda fase en la que se incorpora el lado de filtrado al proceso de recirculación. Ahora la válvula de filtrado está abierta y se permite que el fluido de CIP circule simultáneamente a través del puerto superior de alimentación y a través de la boquilla de filtrado. Normalmente los caudales deben tener unas dimensiones similares, lo cual es aceptable para el proceso de CIP. No obstante, los caudales deben verificarse para comprobar la similitud durante la primera CIP. Las proporciones de caudales pueden diferir hasta 20 %-80 % para asegurar el cumplimiento de este procedimiento de CIP.

Limpieza in situ química (Clean-In-Place, CIP)

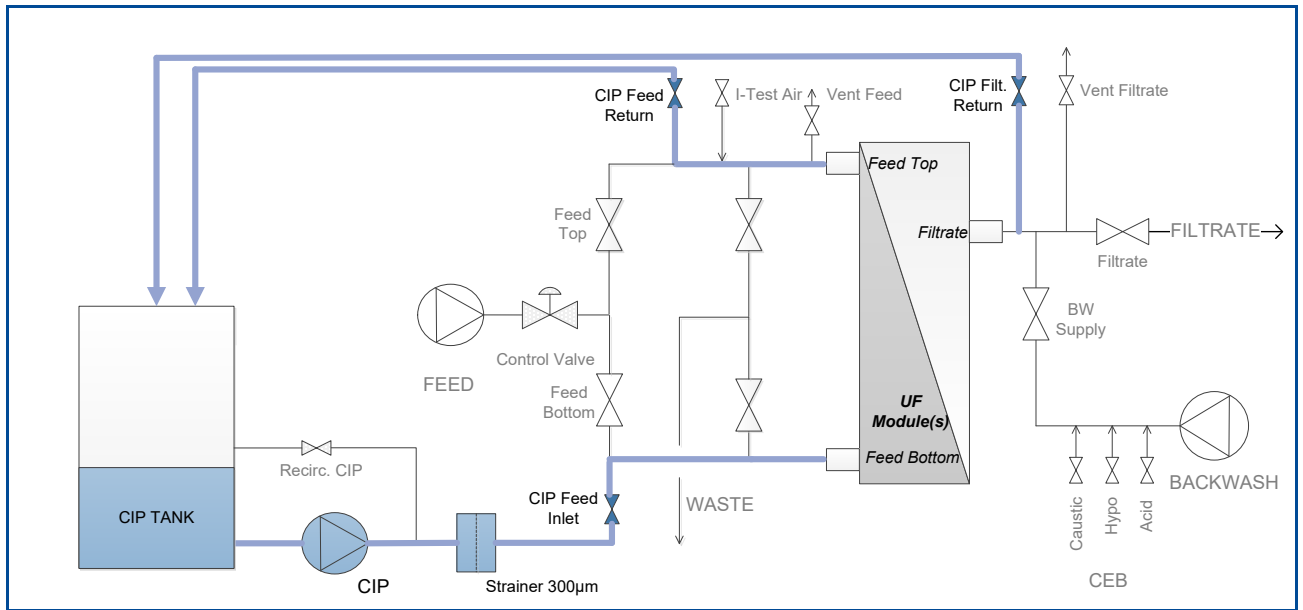


Figura 6.3-2 - Recirculación en los lados de alimentación y filtrado

6. Durante el proceso de recirculación completa, que debe durar al menos otros 60 minutos, es importante asegurarse de que la solución química recircula a través de los dos lados, el de alimentación y el de filtrado.
7. Una vez que la solución química haya recirculado por el sistema durante aproximadamente 2 horas, el proceso avanza a una tercera fase, en la que se alternan periodos de remojo y recirculación a través de los lados de alimentación y de filtrado. En esta tercera fase, la bomba de limpieza se detiene, el elemento calefactor se apaga y las válvulas del lado de alimentación se cierran (aseguran la ventilación todo el tiempo).
8. Por regla general, 60 minutos son suficientes para el tiempo de remojo antes de la siguiente recirculación, aunque puede que sean necesarios unos tiempos de remojo más largos en el caso de incrustaciones o taponamientos persistentes. Para mantener una temperatura elevada durante los tiempos de remojo prolongados, a la mitad del tiempo de remojo se debe efectuar un breve proceso de recirculación de aproximadamente 5 minutos.
9. Los siguientes pasos incluyen una alternancia entre la recirculación a través de los lados de alimentación y filtrado y los tiempos de remojo. Tenga en cuenta que la duración de un periodo de recirculación no debe superar los 60 minutos y que la duración total de la recirculación y del tiempo de remojo no debe sobrepasar las 12 horas.

7.4 Preparar el enjuague del bastidor/sistema

1. Una vez completado el proceso de recirculación, la solución química se drena del depósito de CIP. En caso necesario, la solución debe neutralizarse antes de descargarse. Asegúrese de que la solución descargada cumple todas las normativas locales en materia de descargas al sistema de alcantarillado. Antes de vaciar el depósito de CIP, asegúrese de que las válvulas del lado de alimentación de los módulos/bastidores están cerradas.
2. Una vez que el depósito de CIP esté vacío puede rellenarse de filtrado de UF, permeado de ósmosis inversa o agua potable lista para el siguiente proceso de enjuague. No es necesario utilizar permeado de RO para enjuagar el sistema aunque se encuentre disponible.

7.5 Enjuague del bastidor/sistema

Una vez terminado el periodo de remojo, se procede a la fase de enjuague del CEB, para eliminar los agentes químicos que puedan quedar todavía en el sistema.

Los diagramas que siguen muestran los dos modos de realizar el enjuague: “Enjuague con Vaciado Inferior” y “Enjuague con Vaciado Superior”. La Figura 6.5-1 muestra un enjuague con vaciado inferior (RDB) en el que el agua de retrolavado (filtrado) sale de los módulos por el puerto inferior de alimentación/drenaje, mientras que la Figura 6.5-2 muestra un enjuague con vaciado superior (Rinsing Drain Top, RDT) en el que el agua de retrolavado abandona el módulo por el puerto superior de alimentación/drenaje.

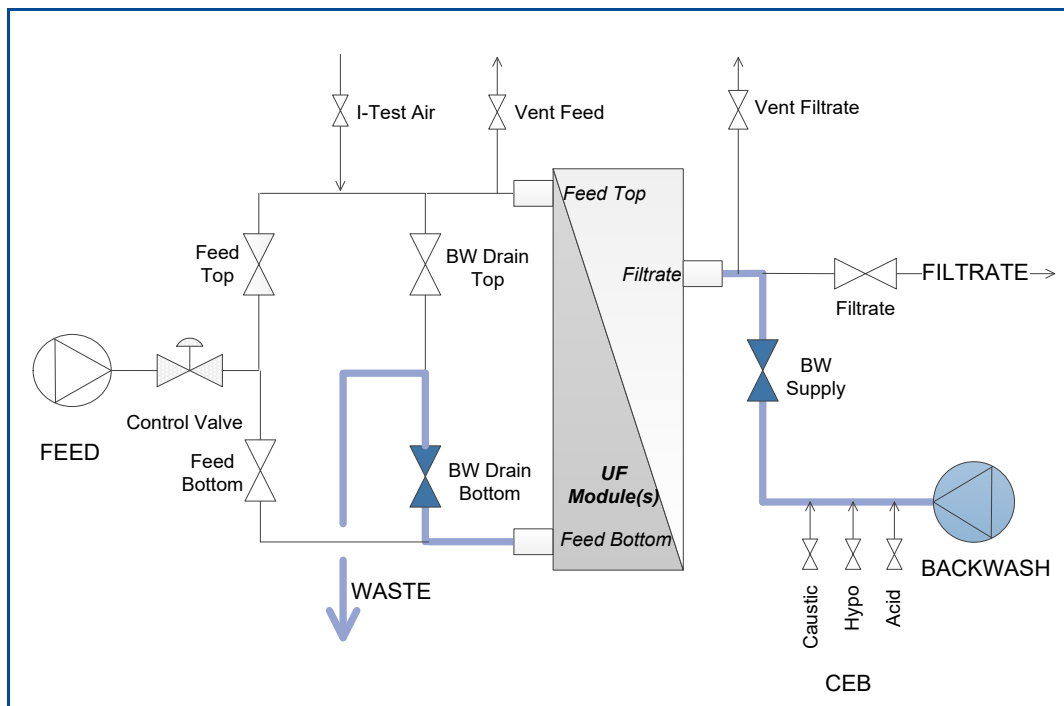


Figura 6.5-1: enjuague de sustancias químicas CIP en modo de drenaje inferior

Limpieza in situ química (Clean-In-Place, CIP)

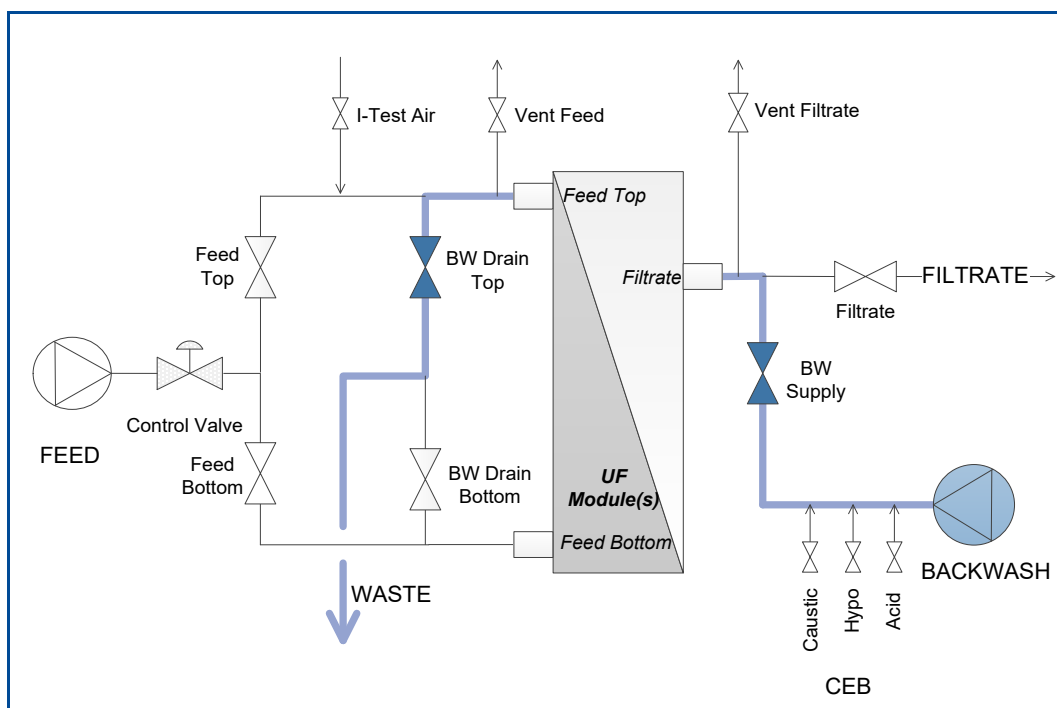


Figura 6.5-2: enjuague de sustancias químicas CIP en modo de drenaje superior

Si la solución química ha sido precalentada, el primer paso antes de proceder al proceso de enjuague es el de equilibrar las temperaturas del agua de enjuague y la de la solución química en el interior del módulo/rack, deteniendo la bomba de CIP y esperando a que la temperatura en el interior del bastidor de UF vuelva a los parámetros ambientales. También puede hacerse añadiendo agua fría al depósito del CIP, a bajos caudales, en la fase final del proceso de recirculación del CIP. Diferencias significativas de temperatura entre el agua de enjuague y el de la solución química en el interior del módulo/bastidor pueden llevar a situaciones de stress en el módulo, que pueden ir acompañados de roturas de fibras. Esto debe evitarse. No debe permitirse que se sobrepasen la tasa máxima permitida de cambios de temperatura, ni la temperatura de operación máxima permitida de funcionamiento de los módulos.

La duración del proceso de enjuague del CIP se determina tomando muestras del agua residual y analizando si quedan residuos químicos (por ejemplo, pH o cloro libre), teniendo en cuenta la concentración de contaminantes permitida en el proyecto.

Durante el proceso de enjuague, se debe monitorizar y documentar el caudal (flux) de trabajo, la temperatura y la TMP (presión transmembrana). Ello permite calcular la permeabilidad y comprobar la eficiencia de los procesos de limpieza desarrollados.


Una vez terminado el proceso de enjuague, se debe monitorizar y documentar la permeabilidad en modo filtración, con el fin de comprobar la eficiencia del proceso CIP. Esto debe realizarse después de cada CIP, incluso si se desarrollan 2 CIPs de manera sucesiva.

8 Uso de sustancias químicas para CEB/CIP

8.1 Diferencias entre el CIP y el CEB

Tanto el CEB como el CIP son procesos de limpieza química que sirven para restablecer la permeabilidad de la membrana y se llevan a cabo eliminando una capa de encrustamiento que no se puede retirar hidráulicamente. El CEB se utiliza normalmente una vez al día, frecuencia que se considera suficiente para mantener una permeabilidad de membrana satisfactoria durante toda la vida útil de la planta. Sin embargo, el agua de alimentación puede contener contaminantes (naturales o introducidos), que no se consigan eliminar adecuadamente mediante el CEB.

El CIP se utiliza cuando la permeabilidad de la membrana ya no se puede recuperar con un CEB. Mientras un CIP estándar puede contener las mismas sustancias químicas que un CEB, en las sustancias químicas tienen una mayor concentración, se recirculan y se mantienen las membranas en remojo, durante periodos prolongados y, en algunos casos excepcionales, se calientan, limpiándose a fondo la superficie y los poros de la membrana hasta obtener las condiciones de limpieza necesarias. En situaciones en las que estos químicos no sean eficientes para la limpieza de las membranas se pueden utilizar otros productos químicos. El CIP se realiza generalmente como un procedimiento manual, ya que no se prevé su uso frecuente; sin embargo, el CIP también puede estar totalmente automatizado en el sistema SCADA de la planta.


NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Además de las instrucciones establecidas en este apartado, el rendimiento de los CEB y los CIP también están sujetos a las condiciones de operación permitidas establecidas en cada uno de los apartados.

8.2 Sustancias químicas y condiciones de operación permitidas

Los parámetros de un CEB y, en particular, de un CIP (por ejemplo, el tipo de agente químico de limpieza) deben adaptarse al tipo de ensuciamiento de la membrana/taponamiento de la membrana y a la calidad del agua que se va a tratar. Para tal fin se han definido tres tipos diferentes de agua:

- Tipo de agua A: Agua subterránea y agua superficial
- Tipo de agua B: Agua de descarga procedente de una planta municipal de tratamiento de aguas residuales (efluente secundario)
- Tipo de agua C: agua de mar

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Las sustancias químicas y condiciones de operación permitidas para los diferentes tipos de agua están recogidas en la Tabla 7.2-1 para el CEB y en la Tabla 7.2-2 para el CIP. Las únicas sustancias químicas cuyo uso se permite en el CEB y en el CIP son las que se recogen en estas listas, y solo con las concentraciones y tiempos de remojo especificados en las tablas. Debe obtenerse la aprobación por escrito de DuPont™ antes de utilizar cualquier otra sustancia química (p. ej., limpiadores de membrana especialmente diseñados).

Uso de sustancias químicas para CEB/CIP

- Todas las sustancias químicas añadidas a las membranas y los módulos deben cumplir al menos el "nivel de calidad técnica". Si las sustancias químicas están contaminadas pueden provocar incrustaciones irreversibles y por ello no se permiten.
- Con las concentraciones y tiempos de remojo definidos en la Tabla 7.2-1 y la Tabla 7.2-2, las sustancias químicas recogidas en estas listas suelen ser una elección muy efectiva para el CEB/el CIP de las membranas DuPont™, aunque en algunos casos deben adaptarse/optimizarse para el tratamiento de aguas de origen especiales. Si esto fuera necesario, la modificación de los parámetros debe realizarse solo tras la consulta a DuPont™.
- Si se efectúa un CEB/CIP alcalino, podría potencialmente producirse una precipitación, que en general sería leve. Esta precipitación se puede eliminar mediante un CEB / CIP ácido posterior.
- El uso de cloro por sí solo sin añadir sosa solo es necesario para la desinfección o las desconexiones del sistema. Dado que el potencial de proliferación bacteriana es mucho mayor en las aplicaciones con aguas residuales que en aplicaciones con otros tipos de agua, los sistemas empleados para el tratamiento de aguas residuales deben desinfectarse una vez a la semana, conforme a la Tabla 7.2-1.

Los ácidos orgánicos (ácido cítrico/ácido oxálico) se pueden utilizar para mejorar la eliminación de incrustaciones inorgánicas en los CIP (no en los CEB) y el surfactante lauril sulfato de sodio se puede utilizar para reforzar la eliminación de las incrustaciones orgánicas en un CIP alcalino.

El sistema de UF no retiene sales. En consecuencia, la concentración de sal en el filtrado de UF no se ve alterada en aplicaciones con agua de mar y en aplicaciones con una salinidad elevada. Si el filtrado de UF se utiliza para CEB/CIP en aplicaciones con agua de mar, la elevada concentración de magnesio (1200 – 1600 mg/l) implica que la precipitación de hidróxido de magnesio ($Mg(OH)_2$) empieza a producirse en cuanto la dosificación de iones OH en forma de sosa cáustica (NaOH) alcanza aproximadamente 2-5 mmol/l (las dosificaciones exactas se pueden determinar mediante titulación o valoración). Esta cantidad de NaOH dosificada corresponde a un aumento en el valor de pH de aproximadamente 9,5 – 9,7. A medida que continúa la dosificación de sosa, la cantidad de precipitación de $Mg(OH)_2$ aumenta hasta un punto en el que prácticamente ya no queda magnesio en el agua. Durante este proceso el valor de pH no sigue aumentando. Como resultado de la concentración tan elevada de magnesio, el nivel de precipitación aumenta considerablemente si la dosificación continúa.

- Cuando se utilice agua de mar ultrafiltrada para el CEB, aconsejamos no utilizar dosificaciones de NaOH por encima de 2 mmol/l ni establecer un valor de pH > 9,5 – 9,7.
- Si el sistema de UF se va a utilizar como tratamiento previo a la ósmosis inversa (por ejemplo, en unas instalaciones de desalinización de agua de mar o de reutilización de aguas residuales), se debe utilizar el permeado de la OI para todos los CIP alcalinos (con o sin oxidantes) para evitar la precipitación y maximizar la efectividad del CIP. Por las mismas razones, se recomienda utilizar el permeado de la RO para un CEB alcalino (ya se efectúe con o sin oxidantes). Para reducir el uso de permeado de la RO, se puede utilizar filtrado de UF para enjuagar el sistema tras el CEB.

Los factores clave a la hora de utilizar sustancias químicas para eliminar las incrustaciones o los taponamientos irreversibles son, en primer lugar, el contacto entre la solución de limpieza química y la incrustación en la membrana y, en segundo lugar, la interacción entre ciertas variables, como concentración, recirculación, tiempo de remojo y temperatura. La gran mayoría de casos también incluye una combinación de diferentes tipos de incrustación o taponamiento, lo que significa que se necesitan múltiples pasos de limpieza para eliminarlos. El uso de sustancias químicas a bajas temperaturas reduce la efectividad del proceso de limpieza y exige unos tiempos de remojo más largos y/o concentraciones más altas.

Tabla 7.2-1 - Sustancias químicas, concentraciones y tiempos de remojo para CEB

Sustancias químicas	Tipo de agua A:		Tipo de agua B:		Tipo de agua C:		Notas
	Agua subterránea y agua superficial	Agua de descarga proveniente de una planta municipal de tratamiento de aguas residuales	Agua de descarga proveniente de una planta municipal de tratamiento de aguas residuales	Agua de mar	Agua de mar	Agua de mar	
Incrustaciones, taponamientos	Valor de pH habitual	1 < pH < 2,5	1 < pH < 2,5	1 < pH < 2,5	1 < pH < 2,5	1 < pH < 2,5	
	Tiempo de remojo habitual	pH 2,3	pH 2,3	pH 2,3	pH 2,3	pH 2,3	
	Tiempo de remojo habitual	10 - 60 min.	10 - 60 min.	10 - 60 min.	10 - 60 min.	10 - 60 min.	
Incrustaciones Taponamientos	Valor de pH habitual	1 < pH < 2,5	1 < pH < 2,5	1 < pH < 2,5	1 < pH < 2,5	1 < pH < 2,5	
	Tiempo de remojo habitual	pH 2,3	pH 2,3	pH 2,3	pH 2,3	pH 2,3	
	Tiempo de remojo habitual	10 - 60 min	10 - 60 min	10 - 60 min	10 - 60 min	10 - 60 min	
Incrustaciones orgánicas	Valor de pH habitual	12 ≤ pH ≤ 13	12 ≤ pH ≤ 13	12 ≤ pH ≤ 13	9,5 ≤ pH ≤ 9,7	9,5 ≤ pH ≤ 9,7	Agua de mar:
	Tiempo de remojo habitual	pH 12	pH 12	pH 12	pH 9,5	pH 9,5	empleando permeado de RO para CEB pH 12,3 (12)
	Tiempo de remojo habitual	10 - 60 min	10 - 60 min	10 - 60 min	10 - 60 min	10 - 60 min	
Incrustaciones orgánicas	Valor de pH habitual	12 < pH < 13	12 < pH < 13	12 < pH < 13	9,5 < pH < 9,7	9,5 < pH < 9,7	Agua de mar:
	Concentración habitual	mg/l	mg/l	mg/l	máx. 200	máx. 200	empleando permeado de RO para CEB pH 12,3 (12)
	Tiempo de remojo habitual	20 min	20 min	20 min	20 min	20 min	
Desinfección	Concentración habitual	mg/l	mg/l	mg/l	> 1 mg/l < 10	> 1 mg/l < 10	Las concentraciones especificadas deben alcanzarse en el agua de enjuague descargada al final del tiempo de remojo
	Tiempo de remojo habitual	30 min	30 min	30 min	30 min	30 min	
	Frecuencia:	1 vez a la semana	1 vez a la semana	1 vez a la semana	1 vez a la semana	1 vez a la semana	

Tabla 7.2-2 - Sustancias químicas y concentraciones para CIP (duración total del tiempo de remojo y circulación máx. 12 h)

9 Diseño y construcción

Sustancias químicas	Tipo de agua A:		Tipo de agua B:		Tipo de agua C:		Notas
	Agua subterránea y agua superficial	Agua de descarga proveniente de una planta municipal de tratamiento de aguas residuales	Agua de descarga proveniente de una planta municipal de tratamiento de aguas residuales	Agua de mar			
Incrustaciones, taponamientos inorgánicos	Ácido clorhídrico (HCl)	Valor de pH: habitual:	1 < pH < 2,5 pH 2	1 < pH < 2,5 pH 2	1 < pH < 2,5 pH 2		
	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	Valor de pH: habitual:	1 < pH < 2,5 pH 2	1 < pH < 2,5 pH 2	1 < pH < 2,5 pH 2		
	Ácido cítrico	Valor de pH: habitual:	1 < pH < 2,5 pH 2	1 < pH < 2,5 pH 2	1 < pH < 2,5 pH 2		
	ácido clorhídrico	Concentración: habitual:	g/l 4	máx. 10 4	máx. 10 4		
	Ácido cítrico		g/l 4	4	4		
	Ácido oxálico		g/l 4	4	4		
Incrustaciones orgánicas	Sosa cáustica (NaOH)	Valor de pH: habitual:	12 < pH < 13 pH 12,5	12 < pH < 13 pH 12,5	12 < pH < 13 pH 12,5		Uso de permeado de RO, si está disponible
	Hipoclorito de sodio (NaOCl)	Valor de pH: habitual:	12 < pH < 13 pH 12	12 < pH < 13 pH 12	12 < pH < 13 pH 12		Uso de permeado de RO, si está disponible
	Sosa cáustica (NaOH)	NaOCl: habitual:	mg/l 100	máx. 500 100	máx. 500 100		
Desinfección	Lauril sulfato de sodio	Valor de pH: habitual:	12 < pH < 13T pH 12	12 < pH < 13T pH 12	12 < pH < 13 pH 12		Uso de permeado de RO, si está disponible
	Sosa cáustica (NaOH)	Concentración: habitual:	g/l 4	máx. 10 4	máx. 10 4		
	Hipoclorito de sodio (NaOCl)						

A continuación, DuPont™ ofrece unas estimaciones aproximadas para el diseño y la construcción de sistemas de ultrafiltración. La información presentada se basa en la dilatada experiencia de DuPont™ en el tratamiento de diferentes tipos de agua de origen.


Los siguientes parámetros forman la base mínima necesaria para efectuar un análisis del agua de alimentación:

- Partículas en suspensión:
 - Turbidez / Total de sólidos en suspensión (TSS)
- Materia orgánica disuelta:
 - DOC/TOC y absorbancia UV específica a 254 nm
 - Para el agua residual: demanda química de oxígeno (Chemical Oxygen Demand, COD) y demanda biológica de oxígeno (Biological Oxygen Demand, BOD)
- Componentes inorgánicos del agua:
 - Ca, Mg, alcalinidad / HCO_3^- , Fe, Mn, Al
- Valor de pH
- Temperatura
- Cambios estacionales

Si la calidad del agua de alimentación a la UF y la temperatura del agua de alimentación están sujetas a cambios estacionales, también se necesitan los detalles del rango de fluctuación para su análisis (idealmente, en forma de una distribución, de no ser así, al menos especificando los valores mínimos, máximos y medios). Otra información importante para las aguas superficiales (y para las aguas de alimentación afectadas por aguas superficiales) incluye la duración y el efecto de la lluvia intensa y las inundaciones.

Se recomienda recopilar información detallada sobre los pasos del tratamiento previo específicos del proyecto y/o las características de la captación (p. ej., para sistemas de agua de mar).

Evitar los errores de diseño y construcción de un sistema de UF es fundamental para conseguir una operación estable y sin problemas una vez que la planta se haya completado. Asimismo, se reduce el riesgo de dañar las membranas y los módulos, o de sufrir una pérdida de rendimiento irreversible. El cumplimiento correcto de las siguientes directrices es un prerequisite fundamental para poder presentar correctamente una reclamación con arreglo a la garantía, si ello fuese necesario.

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- El diseño y la construcción de cualquier sistema de UF deben basarse en la tecnología más avanzada y de conformidad con las buenas prácticas de la ingeniería.
- El sistema debe diseñarse específicamente para evitar cualquier golpe de presión neumático y/o hidráulico y cualquier efecto sifón. Todos los sistemas de UF deben incluir los siguientes componentes y cumplir los siguientes requisitos:
- El sistema debe incluir un método para controlar los fluxes de alimentación y retrolavado (p. ej., mediante bombas reguladas por variadores de frecuencia o válvulas de control con controladores PID). En el caso del controlador de la bomba de retrolavado, es importante garantizar que el valor de consigna para el flujo de volumen se alcanza en 5 - 7 segundos (el tiempo depende de la capacidad de la bomba y de las dimensiones de la válvula).
- Los actuadores de todas las válvulas (de mariposa) deben estar equipados con válvulas de estrangulamiento de aire para controlar el procedimiento de apertura y cierre. Se puede producir un golpe de ariete de aire/agua si las válvulas se abren o se cierran de manera demasiado brusca.
- Deben instalarse válvulas de purga de aire para purgar los extremos ciegos de la alimentación del bastidor, así como cabezales de filtrado para evitar los golpes de presión provocados por el aire que queda atrapado en el extremo ciego. Asimismo deben instalarse otras válvulas de purga de aire en todas las secciones superiores de las tuberías del bastidor y de las tuberías de conexión.
- Las tuberías del agua de enjuague deben equiparse con disyuntores de vacío (válvulas de admisión de aire).
- Los circuitos de conmutación de las bombas y válvulas deben diseñarse de tal forma que garanticen que no se produce ningún golpe de presión en el sistema; p. ej., las bombas y las válvulas deben accionarse en una secuencia controlada a intervalos de aproximadamente un segundo para que las bombas nunca funcionen cuando las válvulas están cerradas.
- Cualquier cambio en el modo de operación que implique una conmutación entre la bomba de alimentación y la bomba de retrolavado, incluyendo la conmutación de las válvulas necesarias (p. ej., retrolavado para filtración), debe incluir un intervalo de reposo de aprox. 5 – 7 segundos entre la finalización de un modo de operación y la activación del siguiente modo de operación.
- Todos los módulos de un bastidor de membrana deben operarse con las mismas condiciones operativas.
- A la hora de diseñar y construir un sistema de ultrafiltración es importante asegurarse de que no queden espacios muertos, en especial en el lado de filtrado, ya que esto podría favorecer el desarrollo microbiano. Por el mismo motivo, es fundamental que no haya una conexión directa entre los lados de alimentación y filtrado, ya que esto podría crear una derivación (bypass) entre los dos lados del proceso de filtración.
- Cuando se diseña o se construye un sistema de ultrafiltración también es importante asegurarse de que ningún producto de la corrosión o la erosión del depósito de alimentación, del depósito de retrolavado o de las tuberías pueda llegar a los módulos. Por este motivo, los tanques del agua de origen, el filtrado/retrolavado y la limpieza in situ (Clean-In-Place, CIP) deben estar fabricados con materiales resistentes a la corrosión que no desprendan ninguna sustancia contaminante o nociva (p. ej., abrasiva) en el agua. Lo mismo se aplica a las tuberías y a todos los demás componentes instalados dentro del sistema de ultrafiltración.
- Las bombas dosificadoras deben estar diseñadas y dimensionadas para cumplir las concentraciones y los valores de pH necesarios para los CEB.
- Solo se pueden utilizar válvulas de alivio de aire. No se recomienda el uso combinado de válvulas de vacío/válvulas de alivio de aire o válvulas diseñadas únicamente para la rotura de vacío (con la excepción de los disyuntores de vacío en las tuberías de agua de enjuague) para evitar que el aire penetre en el sistema de forma accidental.
- No se recomienda el uso de filtros de tipo hueco/borde para la etapa de protección del prefiltro requerido, que debe tener un tamaño de malla máximo de 230 µm para las membranas de la familia Multibore™ con un

diámetro interior de 0,7 mm, o hasta 300 para las membranas de mayor diámetro interior . El prefiltro debe poder lavarse automáticamente a contracorriente.

- Es importante proteger el agua en el depósito de filtrado/retrolavado (BW) y en las tuberías de conexión de la radiación solar directa y la exposición a la luz, para evitar un calentamiento excesivo y la exposición a la luz solar, lo que podría suponer el riesgo de favorecer el crecimiento de bacterias y/o algas.
- Deben utilizarse depósitos de filtrado/retrolavado sellados con filtros de aire para evitar la contaminación microbiológica.

Las membranas de ultrafiltración no rechazan las sustancias disueltas. Este hecho físico debe tenerse en cuenta para todos los parámetros (SDI₁₅[†], turbidez[‡], etc.) a la hora de diseñar un sistema de UF (incluyendo el efecto en cualquier proceso de tratamiento posterior/aguas abajo) y a la hora de medir la calidad del filtrado de UF.

- Recomendamos disponer de tres puntos de dosificación química para los CEB por cada tren de membrana (= unidad independiente retrolavable de varios módulos). Estos puntos de dosificación deben estar lo más cerca posible del tren. La experiencia ha demostrado que resulta conveniente colocar la unidad de dosificación de ácido lo más lejos posible aguas arriba en el sistema. Cualquier precipitación que se acumule en las otras unidades de dosificación aguas abajo se puede eliminar mediante la dosificación de ácido. Es importante asegurarse de que las sustancias químicas están mezcladas correctamente en el flujo de agua (deben emplearse aparatos de mezclado, si es necesario). Este sistema ofrece numerosas ventajas frente a la alternativa de una unidad de dosificación central.
- Reduce el volumen de agua que debe reemplazarse cuando se realiza la dosificación y el enjuague, con lo que se reduce el tiempo de dosificación.
- Evita el mezclado de diferentes sustancias químicas en las tuberías de retrolavado, lo que de otro modo podría ocurrir si se realizasen dos CEB consecutivos, para dos trenes diferentes.
- Reduce el consumo de sustancias químicas y presenta unas conversiones más elevadas dado que se utiliza menos agua.
- Introduce un menor número de variables para el sistema de control.
- Cuando se utilizan coagulantes a base de hierro en el tratamiento previo, los residuos solo se pueden eliminar con un CEB ácido.
- Los sistemas de UF con módulos PES-UF y los sistemas de UF con T-Rack™ deben respetar los diagramas de flujo básicos que se muestran en los siguientes diagramas (véase Figura 7.2 -1 a Figura 7.2 -4).

[†] SDI₁₅, (índice de incrustaciones) medición conforme a ASTM D4189-94

[‡] Turbidez para medirla usando sensores analíticos y procedimientos en cumplimiento de la norma ISO 7027 y/o métodos estándar 2130 B.

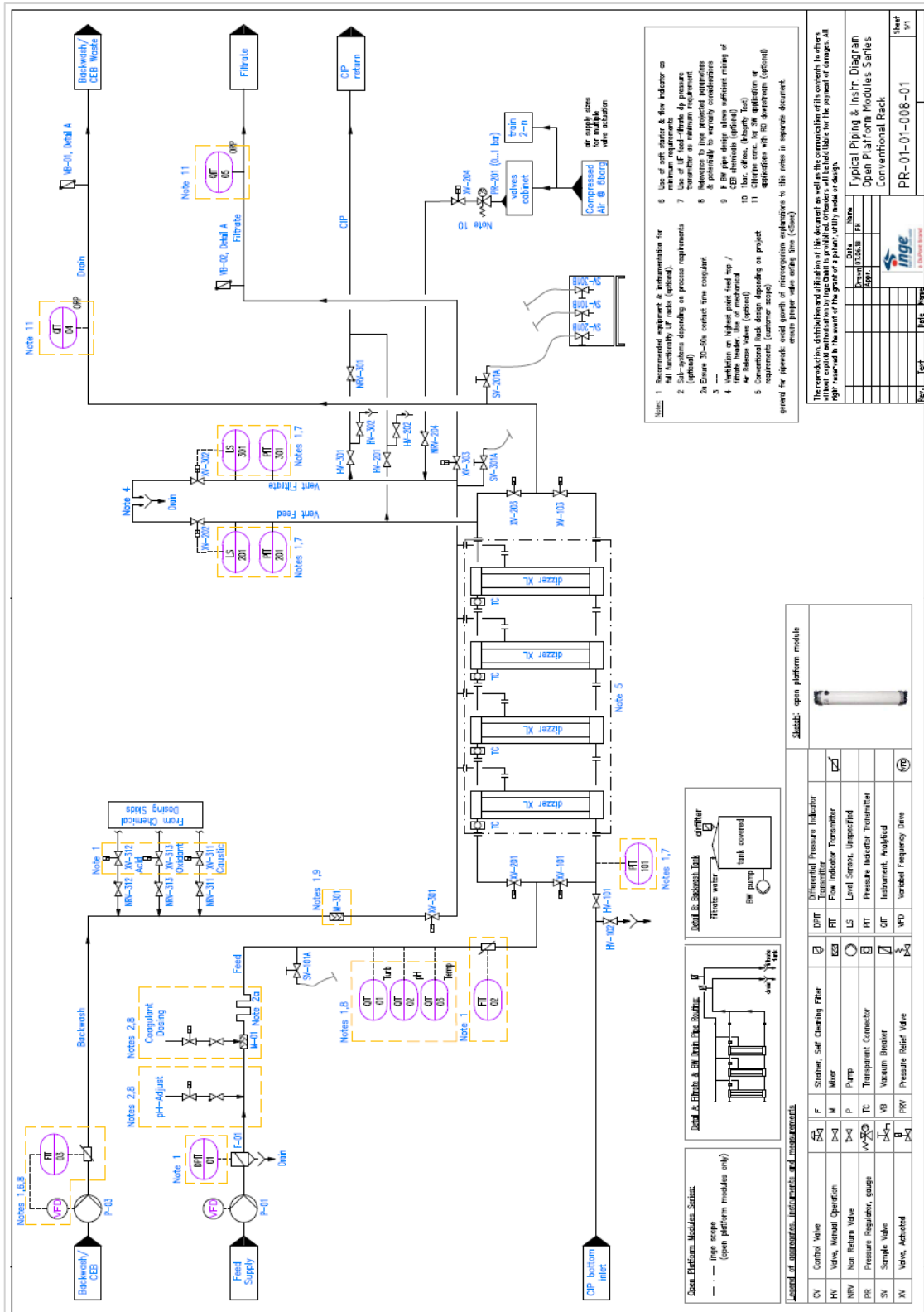


Figura 7.2-1 - Diagrama de flujo para un sistema de UF módulos PES-UF para plataforma abierta (versión convencional)

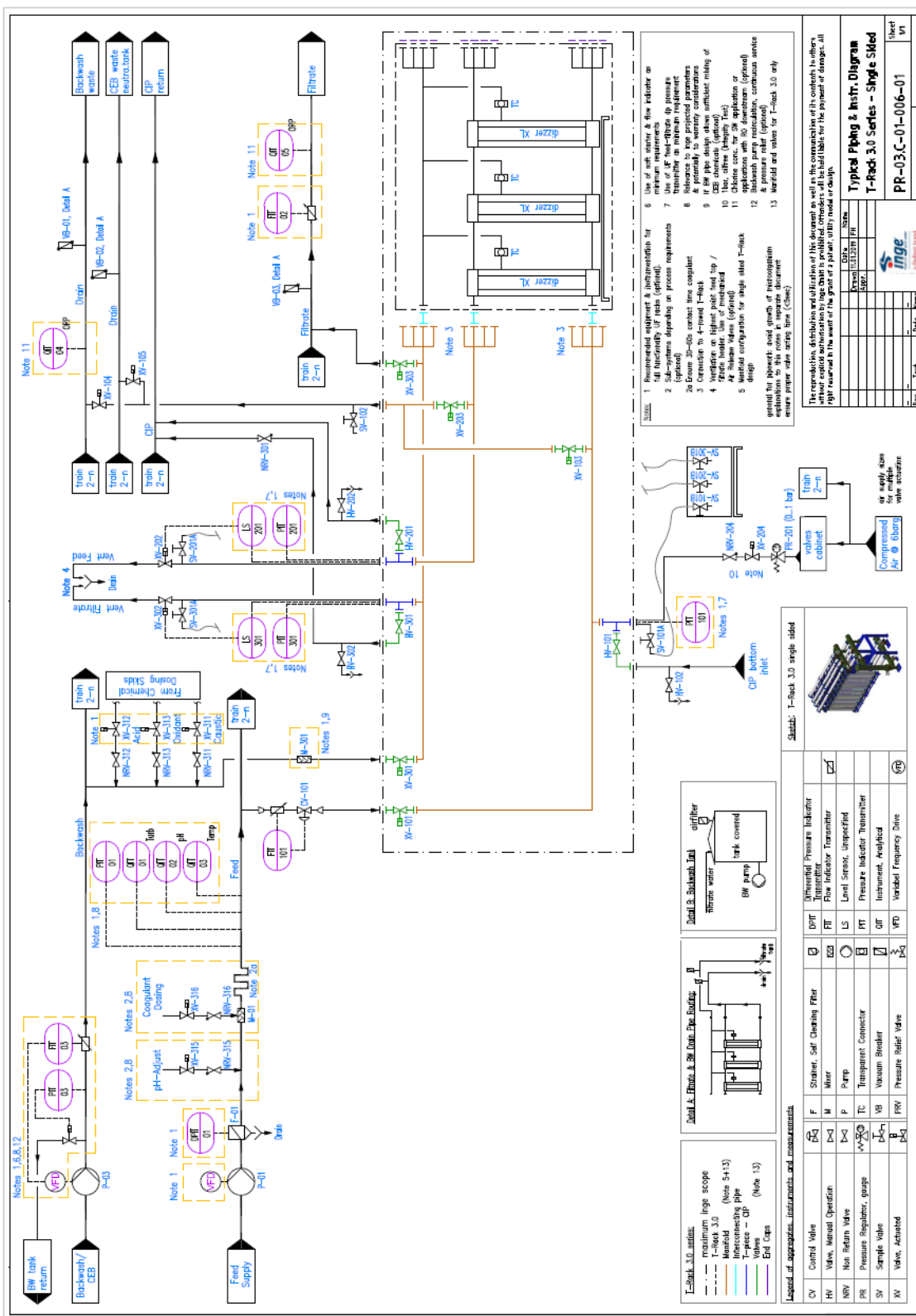



Figura 7.2 - 2 - Diagrama de flujo para sistema de UF T-Rack™ (versión de lado único)


10 Puesta en marcha del sistema

10.1 Vista general

NOTA	
	ATENCIÓN Respete las siguientes directrices

- La puesta en marcha del sistema incluye el ensayo funcional y la prueba de operación.
- Todos los módulos/bastidores de ultrafiltración de DuPont™ deben ponerse en funcionamiento conforme a las directrices descritas a continuación.
- Los pasos a realizar durante la puesta en marcha del sistema deben registrarse y archivers.
- DuPont™ recomienda verificar la composición de la calidad del agua de alimentación antes de comenzar el proceso de puesta en marcha.
- El personal de operación debe estar presente en el proceso de puesta en marcha.
- Antes de iniciar las operaciones de suministro de agua, los módulos, los T-Rack™, depósito(s) de filtrado y tuberías de filtrado (incluyendo todas las válvulas, empalmes y dispositivos instalados) deben enjuagarse y luego desinfectarse adecuadamente.
- Durante la puesta en marcha del sistema es necesario determinar los tiempos de inyección química para el CEB; para ello se debe medir el aumento en la concentración del agua de enjuague descargada del bastidor durante la dosificación química.
- Antes de iniciar las operaciones de suministro de agua, verifique que el agua que produce el bastidor/sistema cumple los requisitos definidos.
- DuPont™ recomienda realizar las pruebas de integridad inmediatamente después de completar la puesta en marcha, tal y como se describe en el apartado "Pruebas de integridad". Este es también un método importante para determinar los valores de referencia necesarios para pruebas futuras. Estos valores de referencia deben determinarse y documentarse durante el proceso de puesta en marcha para todos los bastidores instalados.

10.2 Ensayo funcional

NOTA	
	ATENCIÓN Respete las siguientes directrices

Antes de comenzar la prueba de operación, revise el diseño del SCADA. Verifique que el sistema automático de control de programación (controlador lógico programable, CLP/PLC) funciona sin errores. Verifique todos los puntos de la siguiente lista:


- Verifique que todos los instrumentos del sistema están montados e instalados correctamente.
- Confirme la visualización de datos, los datos históricos deben ser archivados y procesados.
- Confirme los cálculos de PTM/TMP y permeabilidad (compensaciones hidrostáticas).
- Confirme que la permeabilidad esta corregida por efecto de la temperatura
- Confirme el funcionamiento en seco de todas las válvulas de mariposa (operatividad y velocidad adecuada de apertura/cierre).
- Confirme la operatividad de todas las válvulas de purga.
- Confirme que las secuencias de filtración (superior e inferior) están operativas.
- Confirme que las secuencias de retrolavado con drenaje superior e inferior están operativas.
- Confirme que la secuencia de desplazamiento está operativa.
- Confirme los puntos de ajuste (set points) del CEB.
- Confirme que la secuencia de CEB es correcta (cáustico – ácido – otros, si procede).

10.3 Módulo de conservación

Las membranas de la familia Multibore™ contienen elementos conservadores para evitar que las membranas se sequen, protegerlas de las heladas durante el transporte y el almacenamiento y para inhibir la proliferación microbiológica en las mismas. Si se secan los poros de las membranas tendría como resultado la pérdida permanente de permeabilidad debido al colapso de los poros mientras que la congelación de los fluidos en los poros podría dañar las membranas. La proliferación microbiológica no dañaría las membranas pero sí necesitaría una limpieza oxidativa extensa.

La solución conservadora estándar de DuPont™ es una mezcla de glicerina (1,2,3-propantriol) y propilenglicol (1,2-propanodiol). Tanto la glicerina como el propilenglicol son sustancias no perjudiciales (autorizadas como aditivos alimentarios), se pueden mezclar totalmente con agua y es relativamente fácil sacar dichas sustancias de los módulos mediante enjuague.

10.4 Ventilación y enjuague

NOTA	
	ATENCIÓN Respete las siguientes directrices

- Tras el ensayo funcional, pero antes de la prueba de operación, el sistema completo, incluyendo las tuberías y las tuberías de conexión, debe purgarse y limpiarse para eliminar del sistema todos los contaminantes, materiales abrasivos y sustancias aceitosas.
- Antes de llenar el sistema de UF/el depósito de filtrado, es importante limpiar a fondo el depósito de filtrado para eliminar todos los contaminantes.
- Asegúrese de que el proceso de enjuague elimina del sistema la solución de conservación. La solución de conservación está biológicamente disponible cuando se disuelve lo suficiente en agua. En consecuencia, es posible que cualquier residuo de la solución de conservación pueda ocasionar un desarrollo microbiano en el lado de filtrado o en el depósito de filtrado en determinadas circunstancias.

10.4.1 Ventilación del sistema

Para purgar los módulos antes de la puesta en marcha del sistema, proceda como se explica a continuación (los diversos modos de operación se describen en el apartado "Modos de operación de la membrana"). El procedimiento descrito a continuación se aplica a cualquier bastidor de UF instalado:

1. Llene el lado de alimentación con agua de origen
 - Confirme que no haya ninguna válvula cerrada en el lado de filtrado.
 - Llene el lado de alimentación del sistema con agua de alimentación; hágalo lentamente para evitar el golpe de ariete de agua. Para ello, ponga en funcionamiento el sistema en modo de filtración en la parte inferior (Filtration Bottom, FB) con un flux de aproximadamente 40 L/(m²h) (23,5 GFD) durante al menos 20 minutos.
 - En la medida de lo posible, el filtrado se debe descargar antes de que llegue al depósito de filtrado para evitar que la solución de conservación se acumule en el depósito de filtrado.
2. Ventilación de los módulos
 - Ponga en funcionamiento el sistema en modo de desplazamiento por la parte inferior (Forward Flush Bottom, FFB) con un flux correspondiente a un flux de aproximadamente 80 L/(m²h) (47 GFD) durante al menos 10 minutos.
3. Llenado en el lado de filtrado
 - Confirme que no haya ninguna válvula cerrada en el lado de filtrado.
 - Ponga en funcionamiento el sistema en modo de filtración en la parte inferior (Filtration Bottom, FB) con un flux de aproximadamente 40 L/(m²h) (23,5 GFD) durante al menos 15 minutos.
 - Ponga en funcionamiento el sistema en modo de filtración en la parte superior (Filtration Top, FT) con un flux de aproximadamente 40 L/(m²h) (23,5 GFD) durante al menos 15 minutos.
 - En la medida de lo posible, el filtrado se debe descargar antes de que llegue al depósito de filtrado para evitar que la solución de conservación se acumule en el depósito de filtrado.
4. En caso de que no haya sido posible descargar el filtrado antes de que llegara al depósito de filtrado, vacíe el depósito de filtrado por completo (incluyendo la eliminación de cualquier residuo) descargando su contenido por el drenaje y luego limpie el depósito de filtrado si es necesario.

10.4.2 Enjuague del sistema

Para enjuagar el sistema proceda de la siguiente manera:

1. Llenado del depósito de filtrado
 - Confirme que no haya ninguna válvula cerrada en el lado de filtrado.
 - Ponga en funcionamiento el sistema en modo de filtración en la parte inferior (Filtration Bottom, FB) con un flux de aproximadamente 40 L/(m²h) (23,5 GFD) durante al menos 15 minutos para rellenar por completo el depósito de filtrado.
2. Efectuar retrolavados
 - Ponga en funcionamiento el sistema en modo de retrolavado con drenaje superior (Backwash Drain Top, BWDT) durante al menos 60 segundos (o utilice todo el volumen contenido en el depósito de filtrado).
 - Llene el depósito de filtrado (véase el punto 1), pero esta vez ponga en funcionamiento el sistema en modo de filtración en la parte superior (Filtration Top, FT).
 - Ponga en funcionamiento el sistema en modo de retrolavado con drenaje inferior (Backwash Drain Bottom, BWDB) durante al menos 60 segundos (o utilice todo el volumen contenido en el depósito de filtrado).
 - Llene el depósito de filtrado (véase el punto 1).

NOTA




Debido a la solución de conservación, compuesta por glicerina y propilenglicol, se podrán seguir midiendo algunos COD después de este proceso de enjuague. Si existen límites específicos para la cantidad de COD en aguas residuales y/o agua de filtrado, podría ser necesario otro enjuague. Póngase en contacto con DuPont™ para más información.

NOTA



Si se utilizan los módulos para producir agua potable, es necesario realizar enjuagues adicionales para poder cumplir con la normativa de agua potable. Por favor, contacte con Inge si desea más información.

11 Desinfección del sistema

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Para desinfectar el sistema se utiliza el hipoclorito de sodio (NaOCl). Esta sustancia química normalmente se suministra como un agente blanqueante de cloro en una solución que contiene una concentración de cloro libre de aprox. 12-15 wt%.
- En caso necesario, el procedimiento de desinfección debe efectuarse varias veces.

Proceda de la siguiente manera (para cada uno de los bastidores de UF instalados):

1. Añada el volumen calculado V_{dosis} de una solución NaOCl al depósito de filtrado, el cual ya debería estar totalmente lleno de filtrado, para obtener una concentración de 20 mg/l de hipoclorito de sodio en el depósito de filtrado (los cálculos deben estar ajustados al volumen del depósito). Efectúe un retrolavado con drenaje superior (Backwash drain top, BWDT) para el T-Rack™ de UF más alejado durante al menos 30 segundos para desinfectar toda la tubería de filtrado. De manera alternativa, también es posible ejecutar un retrolavado químicamente mejorado (Chemically Enhanced Backwash, CEB) de la parte inferior a la superior (con una concentración de 20 mg/l de hipoclorito de sodio).
2. Efectúe un retrolavado con drenaje inferior (Backwash Drain Bottom, BWDB) durante al menos 30 segundos. De manera alternativa, también es posible ejecutar un retrolavado químicamente mejorado (Chemically Enhanced Backwash, CEB) de la parte superior a la inferior con una concentración de 20 mg/l de hipoclorito de sodio.
3. Abra y cierre varias veces todas las válvulas de muestreo de filtrado y todas las demás válvulas en el área de las tuberías de filtrado y del depósito de filtrado.
4. Cierre todas las válvulas de alimentación.
5. Deje el NaOCl en remojo durante al menos 30 minutos (máx. 60 minutos).
6. Verifique periódicamente la concentración de hipoclorito de sodio (a intervalos de 5-10 minutos). Si el nivel de hipoclorito de sodio desciende por debajo del valor de 5 mg/l, repita la cloración o agregue dosis adicionales de solución.
7. Efectúe un retrolavado con drenaje superior (Backwash Drain Top, BWDT) durante al menos 60 segundos.
8. Ponga en funcionamiento el bastidor de UF en modo de filtración en la parte inferior (Filtration Bottom, FB) con un flux de 80 L/(m²h) (47 GFD) durante al menos 10 minutos.
9. Efectúe un retrolavado con drenaje superior (Backwash Drain Top, BWDT) durante al menos 60 segundos.
10. Ponga en funcionamiento el bastidor de UF en modo de filtración en la parte superior (Filtration Top, FT) (como alternativa, filtración en la parte inferior para operación de lado único) con un flux de aproximadamente 80 L/(m²h) (47 GFD) durante al menos 10 minutos o hasta que el depósito de filtrado esté lleno por completo.
11. Una vez completada la desinfección de todos los bastidores de UF instalados, vacíe el depósito de filtrado por completo (elimine todos los residuos hasta la sección más profunda del depósito).
12. Ponga en funcionamiento los bastidores de UF disponibles en modo de filtración en la parte inferior (Filtration Bottom, FB) con un flux de aproximadamente 80 L/(m²h) (47 GFD) durante al menos 10 minutos.
13. Vacíe el depósito de filtrado por completo (elimine todos los residuos hasta la sección más profunda del depósito).
14. Ponga en funcionamiento todos los bastidores de UF disponibles en modo de filtración en la parte superior (Filtration Top, FT) (como alternativa, filtración en la parte inferior para operación de lado único) con el flux y el tiempo de filtrado previstos para el proceso subsiguiente (es decir, la operación normal).
15. Finalice la secuencia de filtración anterior con un retrolavado normal. Ahora el sistema de UF está listo para la operación. Prepárese para verificar y posiblemente ajustar el proceso de retrolavado, los valores de ajuste y el tiempo de dosificación de CEB, así como el procedimiento de coagulación del agua de alimentación a la UF.

Desinfección del sistema

16. Lleve a cabo una toma de muestras y un análisis para verificar la calidad bacteriológica del filtrado. Si los resultados de la prueba no son satisfactorios, repita el proceso de desinfección. Póngase en contacto con DuPont™ si el número de procesos de desinfección necesarios supera un total de seis al año.

12 Pruebas de integridad


12.1 Vista general

Las pruebas de integridad pueden resultar un método efectivo de verificar la integridad de las fibras de la membrana y de los módulos. De manera estándar existen dos tipos de pruebas para los módulos DuPont™: pruebas de caída de presión totalmente automáticas y pruebas de burbuja semiautomáticas con inspección visual.

Ambas pruebas se basan en un fenómeno detectado cuando las membranas de ultrafiltración están húmedas, por el cual el agua atraviesa los poros, pero no se permite el paso del aire hasta que no se haya superado un determinado valor de presión (la presión mínima a la cual el aire empieza a fluir se denomina el "punto de burbuja"). La presión del punto de burbuja depende del tamaño de poro de la membrana y de la tensión superficial en la interfaz aire-líquido. La presión del punto de burbuja de los poros de las membranas DuPont™ es mucho más elevada que la presión de prueba aplicada (aprox. 1 bar) necesaria para detectar que las fibras no están intactas.

Por regla general, las pruebas de integridad se pueden efectuar tanto en el lado de alimentación como en el de filtrado. Si se utiliza aire para desplazar toda el agua en uno de los dos lados de la membrana (lado de alimentación o de filtrado), la presión en este lado seguirá aumentando, ya que el aire no consigue atravesar los poros humedecidos (en este contexto este lado se denomina "lado de alta presión"). Una vez alcanzada la presión de prueba, todas las válvulas se cierran en el lado de presión. Esto significa que ahora el aire solo puede salir a través de las fibras defectuosas, del sellado de epoxi o de válvulas/aparatos/tuberías defectuosas. Se puede observar una ligera pérdida de presión debido al proceso natural de difusión del aire a través de los poros llenos de agua de las membranas. Si el diferencial de presión desde el lado de alta presión hasta el lado de baja presión es más alto que el límite de tolerancia estipulado por DuPont™, esto puede indicar un defecto en la fibra o en el sellado epoxi (o una fuga en las partes de los dispositivos sometidas a presión).

En la prueba de burbuja, el escape de aire por el lado de baja presión debido a defectos en las fibras o en el sellado epoxi se confirma visualmente por las burbujas que aparecen en las tuberías transparentes del lado de alimentación o de filtrado (en función de la serie de producto específica; véase Figura 11.4-3). En principio, la prueba de burbuja se puede efectuar en combinación con todas las pruebas de caída de presión.

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- En los sistemas de bastidores convencionales con módulos PES-UF para plataforma abierta, la prueba se efectúa en el lado de filtrado, es decir, el lado de alta presión en este caso es el lado de filtrado, y el tubo transparente está situado en el lado de alimentación del módulo. En los sistemas T-Rack™ la prueba se lleva a cabo en el lado de alimentación, es decir, en este caso el lado de alta presión es el lado de alimentación, y el tubo transparente está situado en el lado de filtrado del módulo.
- Presiones de prueba más altas que las recomendadas por DuPont™ deben ser consensuadas y aprobadas por escrito por DuPont™.
- El aire utilizado para la prueba de integridad debe cumplir al menos la calidad del aire especificada en 11.2. Especificación para el aire comprimido. Si se usa un aire de menor calidad podrían producirse incrustaciones irreversibles y no está permitido.

La instalación vertical de los módulos y la configuración ergonómica del sistema de bastidor T-Rack™ de DuPont™ permite efectuar las pruebas de caída de presión de manera automática, facilitando así la detección de cualquier módulo afectado mediante la prueba de burbuja. Las pruebas de integridad se llevan a cabo en módulos instalados (es decir, no es necesario retirar ninguno de los módulos del bastidor/sistema).

12.2 Especificación para el aire comprimido

Módulos PES-UF para plataforma abierta y T-Rack™

Pruebas de integridad y grupo de válvulas

Aplicación	Clase* [sólido.agua.aceite]	Presión [barg] / [psi]
Armario / grupo de válvulas	1.4.2	6,0 / 90
Prueba de integridad	1.4.1	1,0 / 15

Clase	ISO 8573-1 (2010)*					
	sólido (tamaño máx. de partícula y concentración [mg/m³])				agua	aceite
	0,1<d≤0,5µm	0,5<d≤1,0µm	1,0<d≤5,0µm	ppm	presión máx. punto de rocío (DTP)	mg/m³ / ppm
1	≤ 20 000	≤ 400	≤ 10	0,08	- 70 °C / -94 °F	0,01 / 0,008
2	≤ 400 000	≤ 6000	≤ 100	0,8	- 40 °C / -40 °F	0,1 / 0,8
3		≤ 90 000	≤ 1000	4,2	- 20 °C / -4 °F	1 / 0,83
4			≤ 10 000	6,7	+3 °C / +37 °F	5 / 4,2
5			≤ 100 000	8,3	+7 °C / +45 °F	25 / 21

* conforme a ISO 8573-1: 2010

Clasificación de pureza para las partículas, agua y aceite

Caudal de aire total** @ 1 bar	=	[Volumen de retención bastidor de módulo***	+	[Volumen de retención tuberías de conexión****]	/	Tiempo (recomendado)
T-Rack™	=	[lado de alimentación	+	colector manifold / colector de alimentación]	/	10 minutos
módulos PES-UF para plataforma abierta	=	[lado de filtrado	+	colector manifold / colector de filtrado]	/	10 minutos

** Para dimensionamiento del compresor

*** Encontrará el volumen de retención en la hoja de datos de producto de DuPont™

**** Se debe calcular

12.3 Frecuencia de las pruebas

Ambas pruebas de integridad (de pérdida de presión y de burbuja) deben llevarse a cabo al final de la fase de puesta en marcha, tras los trabajos de mantenimiento, y en caso de que exista cualquier sospecha de un fallo de funcionamiento en el sistema de membrana (p. ej., un aumento del recuento de bacterias en el lado de filtrado). Las pruebas de integridad también pueden llevarse a cabo con regularidad de forma automatizada (por ejemplo, una vez al día, una vez a la semana o una vez al mes) e integrarse sin problemas en las operaciones de filtración estándar. No hay limitaciones con respecto a la frecuencia con la que se realicen las pruebas de integridad para los módulos de DuPont™. Por eso, la frecuencia se puede adaptar de manera flexible para que cumpla los requisitos y preferencias específicos regionales o del operador.

12.4 Cómo se efectúa una prueba de caída de presión

La prueba de caída de presión se efectúa por turnos en cada bastidor, es decir, los módulos de un bastidor se comprueban en paralelo. La siguiente figura muestra un ejemplo en el que se emplea el lado de alimentación como el lado de alta presión.

1. Desagüe el lado de alta presión respectivo (lado de alimentación para T-Rack™; lado de filtrado para módulos PES-UF para plataforma abierta) y aumente la presión:

Llene todo el lado de alta presión con aire comprimido seco y sin aceite con una presión de 1 bar (14,5 psi). El lado de baja presión de los módulos debe dejarse abierto para que se purgue hacia el exterior a presión atmosférica. La presión de aire aplicada obliga al agua a atravesar la membrana desde el lado de alta presión hasta el lado de baja presión (fase de desagüe);. En principio el aire no puede atravesar las membranas integrales en buen estado debido a la tensión superficial del agua en los poros de la membrana (no se consideran los procesos de difusión). La duración del vaciado de un bastidor depende del tamaño total del bastidor, del volumen de las tuberías conectadas y de la capacidad del compresor. Según la experiencia, la fase de desagüe tarda hasta 20 minutos en completarse.

2. Una vez que el lado de alta presión se ha vaciado completamente de agua y que se ha alcanzado una presión estable de 1 bar (14,5 psi) (y se ha mantenido durante al menos 1 minuto), cierre el suministro de aire del lado de alta presión.

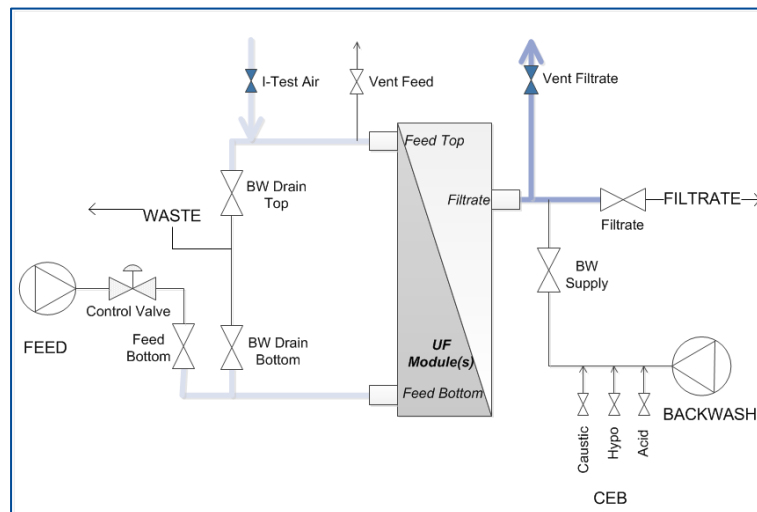


Figura 11.4-1 - Fase de desagüe para la prueba de integridad desde el lado de alimentación

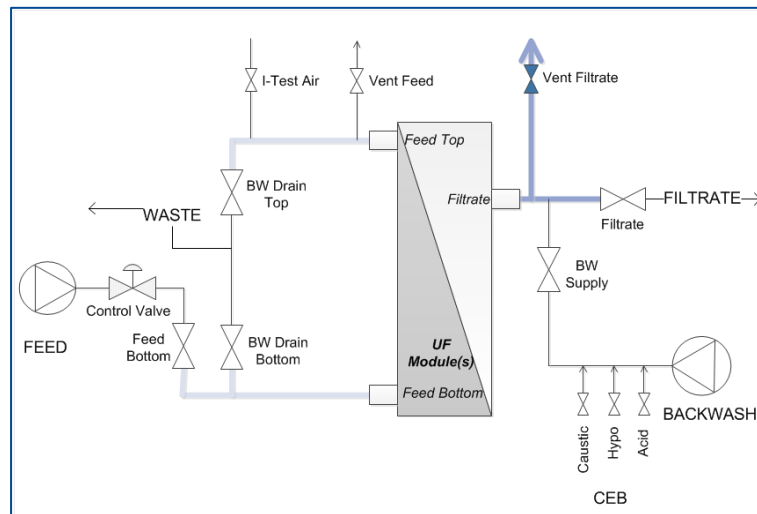



Figura 11.4-2 - Fase de pérdida de presión y medición de presión para la prueba de integridad desde el lado de alimentación

3. Mida la pérdida de presión:

Mida la pérdida de presión en el lado de alta presión durante al menos 3 minutos. Debido al proceso de difusión del aire a través de los poros llenos de agua de las membranas, puede observarse una ligera pérdida de presión. Esto debe tomarse como un valor base y no debe considerarse como una fuga de la membrana debido a unas fibras defectuosas. Este efecto de difusión también puede tener como consecuencia una pequeña formación de burbujas que será visible en el tubo transparente. El valor base está determinado por diversos factores, como el volumen de retención, la estanqueidad de todas las válvulas y empalmes y el componente de difusión de los módulos. En caso de que se supere el valor base, recomendamos efectuar un examen detallado para establecer la causa.

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Para determinar el valor base se deben emplear módulos nuevos (durante la puesta en marcha del sistema) en el bastidor completamente montado. Este valor base servirá como valor de referencia. Con una presión de prueba de 1 bar (14,5 psi), se espera que este valor sea inferior a 10 mbar/min para todos los tamaños de bastidor.
- A la hora de medir este valor es importante asegurarse de que el lado de baja presión está abierto, despresurizado y completamente lleno de agua cuando se mida este valor.

4. Prueba de burbuja:

Cualquier fuga en un módulo individual se puede detectar en el lado de baja presión mediante el tubo transparente existente (véase Figura 11-3). En caso de fuga, durante la prueba de integridad se podrá ver una corriente continua de burbujas de aire de intensidad regular.

Si se aprecia una corriente uniforme y considerable de burbujas de aire en el tubo transparente, y si la pérdida de presión es mayor que el valor base, cabe asumir que el bastidor/sistema presenta un defecto en los capilares o en el epoxi, suponiendo que todas las demás fuentes de error se hayan descartado durante la prueba de integridad.

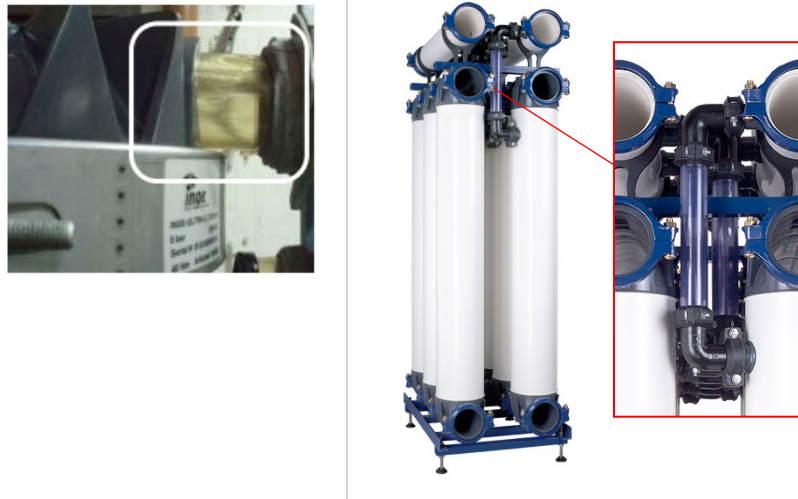


Figura 11.4-3 - Vigilancia y garantía de una operación sin errores del bastidor mediante el tubo transparente integrado en el lado de alimentación (en el módulos PES-UF para plataforma abierta - izquierda) y en el lado de filtrado (en el T-Rack™ - derecha)

5. Alivio de presión:

Una vez efectuada la prueba de caída de presión, la presión se libera por el lado de alta presión. Para las pruebas en el lado de alimentación, esto se consigue abriendo una válvula en el lado del agua de alimentación/enjuague, mientras que para las pruebas en el lado de filtrado la presión se libera abriendo una válvula en el lado de filtrado.

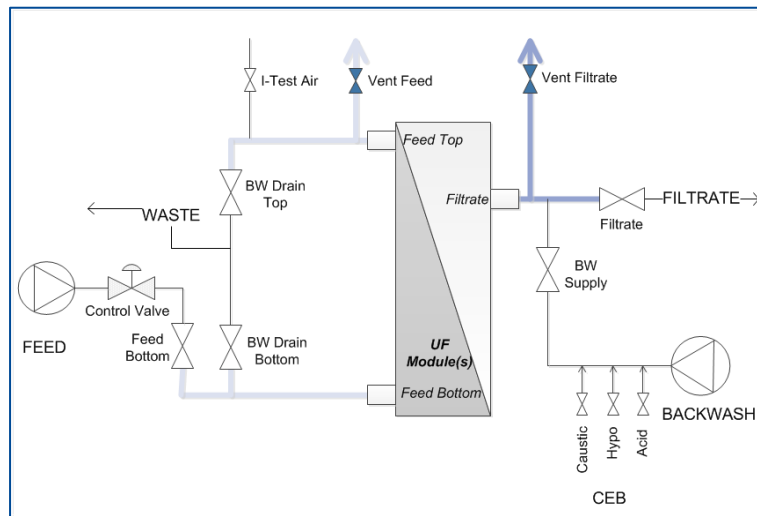


Figura 11.4-4 - Alivio de presión de prueba de integridad de flujo de proceso

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Asegúrese de controlar cuidadosamente la liberación de la presión, entre otros motivos para evitar cualquier golpe de ariete de agua/aire y cualquier riesgo para las personas que se encuentren en las proximidades.

6. Ventilación del sistema:

Una vez completada la prueba de integridad, el bastidor/sistema se debe purgar. Confirme que no haya ninguna válvula cerrada en el lado de filtrado.

Ponga en funcionamiento el sistema en modo de desplazamiento inferior (Forward Flush Bottom, FFB) con un caudal correspondiente a un flux de aproximadamente 80 L/(m²h) (47 GFD) durante 5 - 10 minutos.

Entonces se puede continuar con la operación de filtración normal, empezando con una filtración en la parte inferior (Filtration Bottom, FB). Durante aproximadamente los primeros 5 - 10 minutos, la filtración se debe efectuar con un flux reducido de aproximadamente 40 L/(m²h) (23,5 GFD) para garantizar que el sistema se purga por completo.

La Figura 11.4-5 presenta una vista general clara de todos los pasos que forman parte de la prueba de caída de presión en el lado de alimentación.

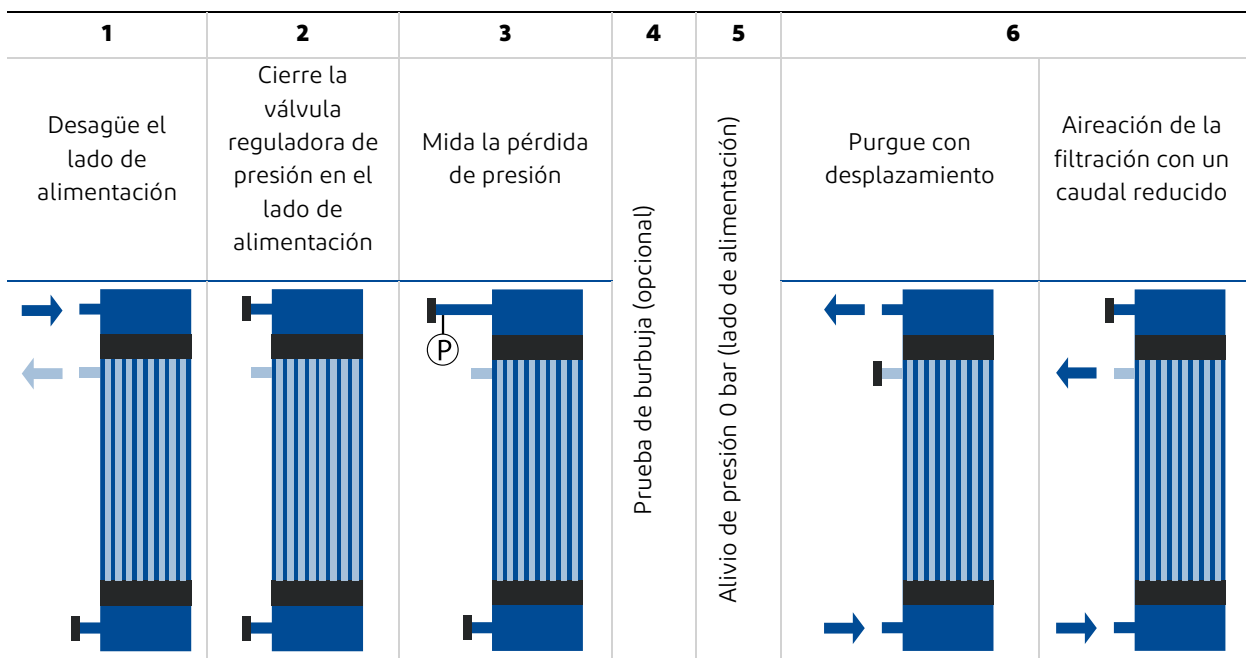



Figura 11.4-5 - Procedimiento para una prueba de caída de presión en el lado de alimentación

13 Otras directrices de funcionamiento

13.1 Evitar las partículas y sustancias que puedan dañar la membrana

Las membranas de la familia Multibore™ son extraordinariamente resistentes a los daños químicos, mecánicos y térmicos. Sin embargo, una operación incorrecta o inadecuada de las membranas DuPont™ podría provocar daños en el material de la membrana, la resina o las fibras de la membrana.


NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Cualquier tratamiento de agua con concentraciones de sustancias disueltas por encima de 7 wt% se considera una aplicación especial, y como tal no está cubierta por las condiciones generales de la póliza de garantía de DuPont™. Por eso recomendamos realizar un pilotaje antes de construir una instalación de membrana para tratar aguas de este tipo.
- La póliza de garantía de DuPont™ no cubre los módulos y las membranas que hayan sido destruidos irreversiblemente por partículas, sustancias o cuerpos extraños producidos en el interior del módulo/bastidor o introducidos en el módulo/bastidor con el agua de alimentación, el agua de retrolavado, el agua de CEB/CIP o el aire comprimido (por ejemplo, durante las pruebas de integridad) debido a un incumplimiento de las directrices indicadas en la documentación del producto DuPont™ (incluyendo los manuales de instalación y las directrices de proceso y diseño).
- En concreto, las condiciones de uso de los módulos prohíben introducir cualquiera de las siguientes sustancias en el módulo/bastidor, ya sea por el lado de filtrado o de alimentación:
 - Partículas y objetos extraños > 230 µm para membranas con un diámetro interior de 0,7 mm, o un máximo de 300 para membranas con un diámetro interior mayor.
 - Partículas abrasivas y de bordes afilados que puedan provocar daños irreversibles en la superficie de la membrana.
 - Productos de la corrosión o la erosión generados en la planta de tratamiento de agua e introducidos en el módulo (p. ej., residuos de arena u hormigón del depósito de retrolavado).
 - Cuerpos extraños introducidos durante la instalación y el mantenimiento, como virutas de metal o plástico.
 - Material precipitado introducido en el módulo durante la operación (p. ej., durante un CEB o un CIP) o precipitación formada en el interior del módulo, que no se haya eliminado correctamente del módulo siguiendo las directrices marcadas.
 - Disolventes polares, orgánicos o clorados.
 - Ácidos concentrados con un pH < 1 o cáusticos con un pH > 13.
 - Ozono o cualquier otro agente oxidante generador de radicales hidroxilos provenientes de procesos de oxidación avanzada (Advanced Oxidation Processes, AOP), como UV + H₂O₂, UV + TiO₂ o reacciones tipo Fenton, como H₂O₂ + Fe(II), Cu(II), Ti(III), Cr(II) o Co(II).

13.2 Prevención de los incrustamientos químicamente irreversibles


Gracias a su elevado nivel de resistencia química, las membranas de la familia Multibore™ se pueden limpiar empleando diversas sustancias químicas en altas concentraciones. El CIP estándar de DuPont™ es capaz de eliminar prácticamente todos los componentes del agua natural que no se puedan eliminar con un CEB normal y que se acumulan en o sobre la membrana con el paso del tiempo.

Sin embargo, si las membranas DuPont™ no se operan conforme a las directrices, o bien si hay sustancias no compatibles con la membrana en el agua de alimentación, el agua de retrolavado, el agua de CEB/CIP o el aire comprimido, pueden producirse casos de incrustaciones/taponamientos irreversibles que no se puedan eliminar con un coste razonable aunque se realice un CIP más intenso. Las sustancias de este tipo se encuentran, por ejemplo, en aguas de purga provenientes de procesos de tratamiento de agua con torres de refrigeración, en aguas residuales de procesos industriales y en aguas superficiales que contengan una proporción considerable de aguas residuales. Por eso recomendamos realizar urgentemente un pilotaje previo antes de construir una instalación de membrana para tratar aguas de este tipo.

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- La póliza de garantía de DuPont™ no cubre los módulos y las membranas que se hayan contaminado irreversiblemente (hasta el punto de que no se puedan subsanar incluso con limpiezas químicas intensivas) por partículas, sustancias o cuerpos extraños producidos en el interior del módulo o introducidos en el módulo con el agua de alimentación, el agua de retrolavado, el agua de CEB/CIP o el aire comprimido debido a un incumplimiento de la documentación específica de producto de DuPont™ (incluyendo el manual de instalación y las directrices de proceso y diseño).
- En concreto, las condiciones de uso de los módulos prohíben introducir cualquiera de las siguientes sustancias en los módulos/bastidores, ya sea por el lado de filtrado o de alimentación:
- Polímeros orgánicos que no están presentes de forma natural en el agua que se va a tratar. Estos polímeros no se deben agregar al sistema, ni directamente aguas arriba desde la membrana/el módulo/el bastidor ni en ningún otro punto en todo el proceso. Estos incluyen, por ejemplo:
 - Coagulantes orgánicos y coadyuvantes de coagulación
 - Inhibidores de corrosión orgánicos
 - Dispersantes orgánicos
 - Agentes humectantes orgánicos
- En casos excepcionales, las sustancias enumeradas anteriormente se pueden utilizar o pueden estar presentes en concentraciones bajas en el agua que se va a tratar si se ha comprobado que no provocan ningún incrustamiento químicamente irreversible. Sin embargo, esto requiere la aprobación previo y por escrito de DuPont™.

13.3 Condiciones permitidas de operación, enjuague, limpieza y desinfección

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Todos los módulos/carcasas/bastidores de DuPont™ deben operarse y utilizarse conforme a las siguientes condiciones de operación. El cumplimiento correcto de las condiciones de operación permitidas es un requisito previo para presentar una reclamación con arreglo a la garantía.

	Presión máxima del sistema	Cambio de presión a máxima velocidad
Módulo PES-UF	5 bar @ 1 °C a 40 °C	0,5 bar/s
T-Rack™	5 bar @ 1 °C a 40 °C	0,5 bar/s

	Presión transmembrana (PTM)
Filtración:	máx. 1,5 bar
Retrolavado:	máx. 3,0 bar
Prueba de integridad:	máx. 1,0 bar de presión atmosférica

Las presiones transmembrana permisibles no se calculan según la resistencia de la membrana. En su lugar, están diseñadas para garantizar una operación estable a largo plazo. La presión de rotura de la membrana Multibore™ así como Multibore™ PRO está por encima de 10 bar.

Otras directrices de funcionamiento

Sustancias químicas permitidas

Las sustancias químicas solo se pueden utilizar de conformidad con la documentación específica de producto de DuPont™ (incluyendo los manuales de instalación y las directrices de proceso y diseño).

Intervalo de pH permisible durante la operación:	pH 3 – 10
Intervalo de pH permisible para la limpieza:	pH 1 – 13
Concentración máxima de peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂):	500 mg/l

El uso de hipoclorito de sodio solo se permite para las siguientes aplicaciones en las concentraciones máximas indicadas a continuación:

Concentración máxima	Para CIP	500 mg/l con pH ≥ 9,5
	Para CEB	200 mg/l con pH ≥ 9,5
	En la membrana durante la dosificación en continuo	0,2 mg/l
	Durante la cloración de choque en la fase de tratamiento previo	10 mg/l durante 30 minutos, máx. una vez al día
	En la desinfección de la membrana CEB en aplicaciones de aguas residuales	10 mg/l durante 30 minutos, máx. una vez a la semana, o a diario en el caso de desconexión del sistema > 24 h < 7 d
	Durante la desinfección del sistema	20 mg/l durante 60 minutos, máx. 6 veces al año
Concentración máxima continua	En aplicaciones para piscinas	0,7 mg/l

Rangos de temperatura permisibles

Rango máximo de temperatura	1 °C hasta 40 °C
Tasa máxima de cambios de temperatura	< 5 °C/ min

NOTA




ATENCIÓN

Respete las siguientes directrices


- Tenga en cuenta que operar las membranas/módulos con una combinación simultánea de los límites máximos de temperatura, pH, concentración química efectiva y/o presión durante todos los modos de operación afectará a la vida útil de las membranas.

14 Desconexiones del sistema

Respete las siguientes directrices para las diferentes condiciones y periodos de inactividad.


NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Las membranas/módulos que se han utilizado deben mantenerse húmedos en todo momento.
- Para evitar el desarrollo microbiano durante la desconexión de la planta o el almacenamiento de módulos puestos fuera de servicio, las membranas húmedas deben enjuagarse con una solución desinfectante adecuada y conservarse adecuadamente.
- Enjuagar antes de un periodo de inactividad de hasta 24 horas. Antes de un periodo de inactividad que dure menos de 24 horas se debe efectuar un retrolavado de al menos 60 segundos. No es necesario realizar ninguna otra acción.
- Enjuagar y desinfectar para periodos de inactividad > 24 horas. Si la inactividad superar las 24 h, es necesario realizar un retrolavado clorado antes de apagar el sistema. Al hacerlo, el hipoclorito debe dosificarse junto con soda cáustica durante el retrolavado para conseguir una concentración de 2-3 ppm de cloro libre, mientras que al usar la bomba de soda cáustica se consigue un pH de 9,0 - 9,5.
- Los bastidores de UF deben comprobarse diariamente (puertos de alimentación inferior y de toma de muestras de filtrado) para garantizar un residuo mínimo de 0,1 ppm de cloro libre. De lo contrario, debe repetirse el proceso.
- Conservar los módulos para periodos de inactividad > 7 días. Las membranas/módulos deben conservarse adecuadamente en el caso de una desconexión del sistema que dure más de 7 días. Antes de adoptar cualquier medida para conservar las membranas/módulos, es absolutamente fundamental llevar a cabo una limpieza química para eliminar cualquier contaminante orgánico o inorgánico (incrustamientos, taponamientos) de las membranas. Póngase en contacto con DuPont™ para recibir instrucciones sobre el método de conservación de los módulos PES-UF.

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Sea cual sea la situación que se aplique de las descritas anteriormente, las membranas/módulos deben mantenerse hidráulicamente llenos de líquido. Las membranas deben mantenerse libres de cualquier agente oxidante durante los periodos de desconexión del sistema.
- Si desea utilizar cualquier otro desinfectante, póngase en contacto con DuPont™ previamente. Es esencial obtener el consentimiento previo por escrito y la aprobación de DuPont™ en relación con las sustancias químicas y las concentraciones que están permitidas para su uso.
- Para volver a poner el sistema/módulo/bastidor en funcionamiento, es fundamental seguir las directrices para la puesta en marcha del sistema.

15 Documentación de las condiciones de operación

NOTA	
	<p>ATENCIÓN</p> <p>Respete las siguientes directrices</p>

- Desde el momento en que los módulos/bastidores se ponen en funcionamiento por primera vez, el operador está obligado a mantener una documentación completa y continua de los parámetros de operación y de la cantidad de tiempo que la planta ha estado en funcionamiento en cada uno de los diferentes modos de operación.
- Ni la garantía ni las reclamaciones de garantía serán válidas sin esta documentación.
- La calidad del agua de alimentación debe medirse tras cada procedimiento de dosificación química y después de la fase de prefiltración previa a la UF. Los resultados de estos análisis deben documentarse.

Los siguientes parámetros del sistema de UF deben registrarse y documentarse:

1. Valor de pH, temperatura y turbidez[§] en la alimentación inmediatamente anterior a la ultrafiltración (UF)
2. Permeabilidad (@ 20 °C), flux, presión transmembrana (TMP) y presión absoluta (alimentación/filtrado) por bastidor / por línea de filtración durante la filtración/el retrolavado, CEB/CIP y pruebas de integridad; efectuadas con un transmisor de medición delta P o con transmisores individuales, situados cerca de los módulos.

Los datos serán recopilados y registrados automáticamente al menos cada 2 segundos durante el retrolavado y el CEB (inyección y vaciado) y al menos cada 3 minutos durante filtración y el tiempo de contacto del CEB, para asegurar que se registran todos los efectos de los cambios en el funcionamiento de las bombas y/o de la posición de las válvulas.

3. Sustancias químicas
 - Uso de sustancias químicas para el tratamiento previo, medidas directamente en la alimentación a la ultrafiltración (UF):
 - Tipo y concentración de los coagulantes
 - Tipo y concentración de los oxidantes
 - Uso de sustancias químicas para CEB/CIP, medidas dentro de los bastidores (sustancias químicas en contacto con las membranas/módulos):
 - Tipo, tiempo de contacto y concentración de oxidantes u otros agentes limpiadores de membranas
 - Tipo, tiempo de contacto y valor de pH de ácidos/bases

El intervalo mínimo para un conjunto completo de mediciones (mediciones en laboratorio o en línea) es de uno al día o una medición por cada CEB/CIP. En el caso de un defecto en el módulo, es necesario presentar la documentación sobre la posición del módulo defectuoso dentro del bastidor (línea, tren/unidad, lado, posición) junto con los datos relativos al número de serie del módulo.

[§] Los turbidímetros de luz blanca se ven afectados por las moléculas orgánicas disueltas, mientras que los dispositivos de infrarrojos se ven afectados solo por las partículas; por eso se recomienda utilizar dispositivos láser o de infrarrojos para vigilar la turbidez del filtrado de UF. Además, las cubetas de vidrio deben sustituirse con frecuencia para evitar las interferencias a causa de los arañazos.

16 Documentación técnica

16.1 Otros documentos relevantes

- [DuPont™ IntegraTec™ PES-UF In-Out P Series T-Rack™ Instrucciones de montaje](#)
(Form No. 45-D02230-es)
- [DuPont™ IntegraTec™ PES-UF In-Out P Series módulos PES-UF para plataforma abierta Manuel de montaje](#)
(Form No. 45-D02231-es)

Datos de contacto

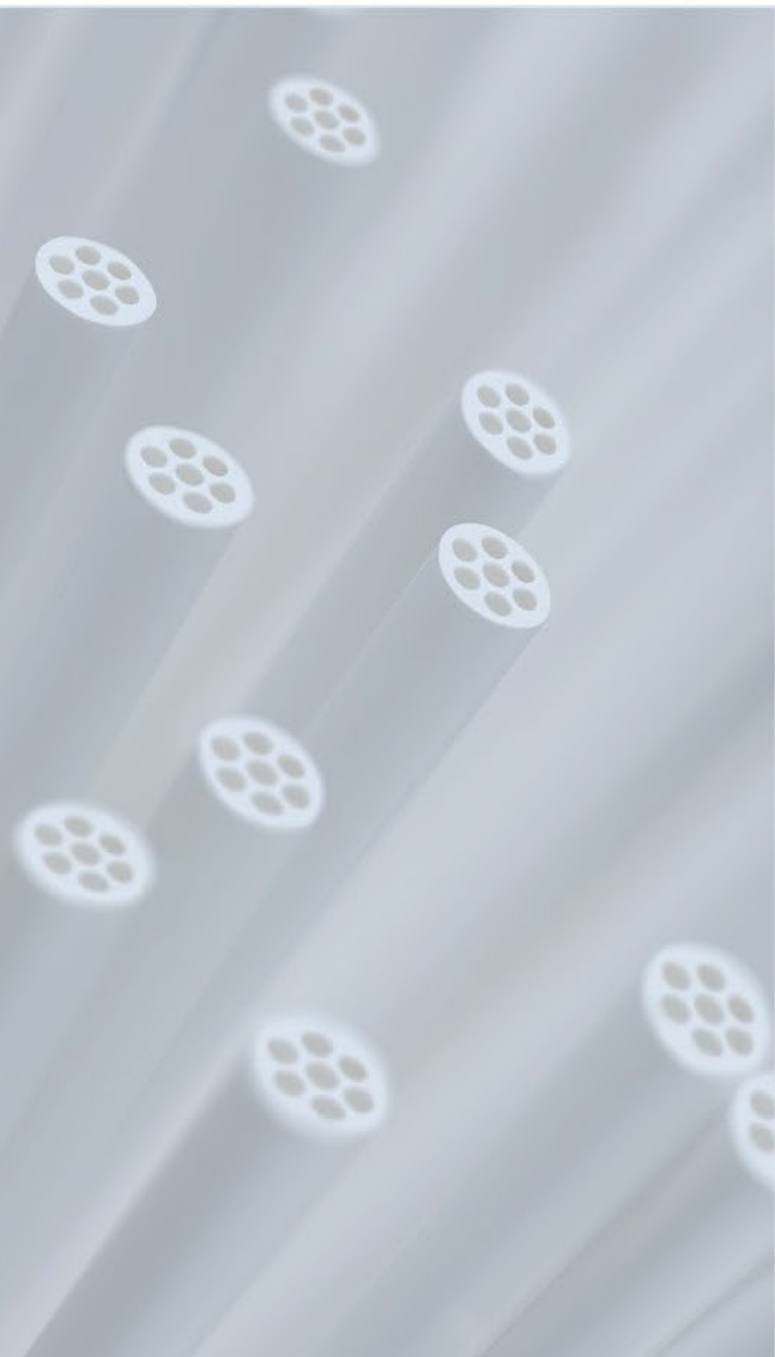
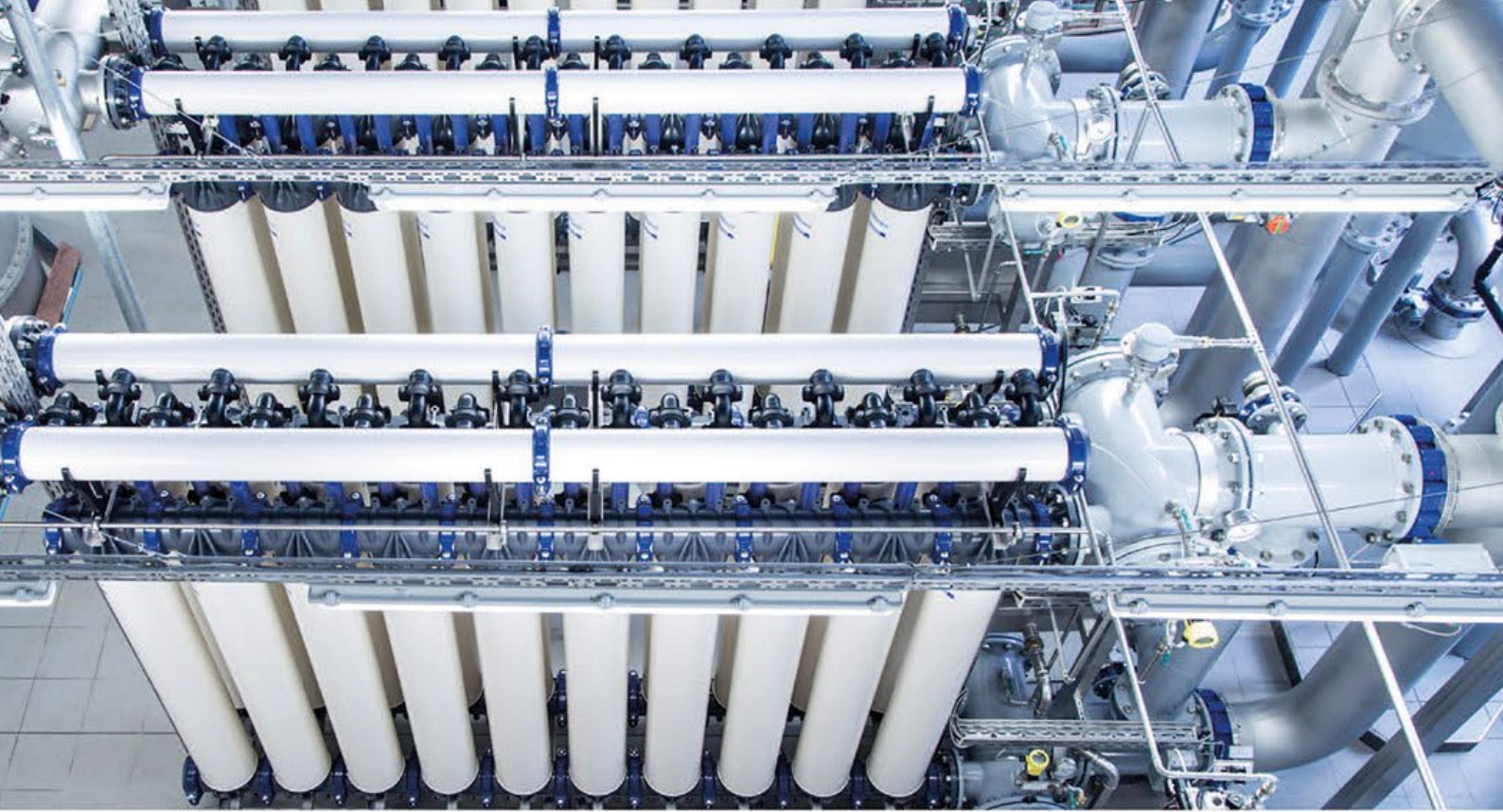
Póngase en contacto con nosotros si necesita ayuda para operar los sistemas DuPont™ IntegraTec™ P Series-UF:

E-Mail: inge@dupont.com

www.dupontwatersolutions.com/contact-us

Más información en nuestro sitio web:

<https://www.dupont.com/brands/integrattec-ultrafiltration.html>



All information set forth herein is for informational purposes only. This information is general information and may differ from the actual conditions. Customer is responsible for determining whether the information in this document are appropriate for Customer's use, ensuring that Customer's workplace and disposal practices comply with applicable laws and other government enactments. The information in this literature may not be available for sale and/or use in all geographies where DuPont is represented. The claims made herein may not have been approved for use in all countries. Please note that the information may vary depending on certain conditions and while the information stated in this document are intended to lengthen product life, they do not improve product performance, it will ultimately depend on the circumstances and is in no event a guarantee of achieving a specific result. DuPont assumes no obligation or liability for the information provided herein. References to "DuPont" or the "Company" mean the DuPont Company. THE INFORMATION ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

ARE EXPRESSLY EXCLUDED. No freedom from infringement or liability for trademark owned by DuPont or others is to be inferred.

© 2022 DuPont. DuPont™, the DuPont Oval Logo, and all other service marks denoted with ™, SM or ® are owned by DuPont or Nemours Inc., unless otherwise noted

Have a question? Contact us at:

www.dupont.com/water/contact-us

