



# Ultrafiltration

**Módulos DOW™ Ultrafiltration**

## **Manual de Producto**

VERSIÓN 2 – MAYO 2009



**ESTE MANUAL ES CONFIDENCIAL Y PROPIEDAD DE *DOW WATER & PROCESS SOLUTIONS*. EL CONTENIDO NO PUEDE SER REPRODUCIDO, TRANSFERIDO O PUBLICADO SIN EL PERMISO POR ESCRITO DE *DOW WATER & PROCESS SOLUTIONS*. EN CASO DE INCOHERENCIA, LA VERSIÓN QUE PREVALECE ES LA ORIGINAL EN INGLÉS.**

## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b>	4
<b>2. Descripción del módulo DOW™ UF</b>	5
2.1 Características del módulo	5
2.2 Especificaciones técnicas de los módulos	7
2.3 Instalación del módulo	9
<b>3. Transporte y Almacenamiento</b>	11
<b>4. Descripción del Proceso DOW™ UF</b>	14
4.1 Secuencias de Operación	14
4.2 Pretratamiento	19
4.3 Limpieza de los Módulos	21
4.4 Ensuciamiento	22
<b>5. Operación de la Planta</b>	22
5.1 Puesta en Marcha	22
5.2 Test de Integridad	23
5.3 Parada de la Planta	24
5.4 Hojas de Registro	24



## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

**Figura 1:** Tamaños relativos de contaminantes habituales y tecnología de eliminación asociada.

**Figura 2:** Sección al microscopio de la fibra hueca DOW™ UF

**Figura 3:** Imagen del modulo DOW™ UF modelo SFP-2860 y SFP-2860

**Figura 4.** Dimensiones de los módulos DOW™ UF

**Figura 5.** Dimensiones sección módulos DOW™ UF 2660/2680 y 2860/2880

**Figura 6.** Despiece e instrucciones de instalación de los módulos DOW™ UF

**Figura 7.** Detalle de instalación usando módulos DOW™ UF 2860

**Figura 8.** Pallets de módulos DOW™ UF

**Figura 9.** Esquema del modo de filtración

**Figura 10.** Esquema del modo de aireación

**Figura 11.** Esquema del modo de drenaje

**Figura 12.** Esquema del modo contralavado a través del puerto superior del módulo

**Figura 13.** Esquema del modo contralavado a través del puerto inferior del módulo

**Figura 14.** Esquema del modo desplazamiento (*forward-flush*)

**Figura 15.** Esquema de la prueba de Integridad por observación de burbujeo (*Bubble Test*)

**Tabla 1.** Tamaño y tipo de las conexiones de los módulos DOW™ UF

**Tabla 2.** Especificaciones técnicas de los módulos DOW™ UF

**Tabla 3.** Resumen de recomendaciones para paradas de planta

**Tabla 4.** Propiedades de la glicerina como agente anticongelante

**Tabla 5.** Condiciones de operación de los módulos DOW™ UF

**Tabla 6.** Condiciones recomendadas del agua de alimentación a los módulos DOW™ UF

**Tabla 7.** Valores habituales usados en operaciones de limpieza de los módulos DOW™ UF

# MANUAL DE PRODUCTO DOW™ ULTRAFILTRATION (UF)

## 1. INTRODUCCIÓN

La Ultrafiltración es un proceso conducido por presión utilizado para la eliminación selectiva de materia en suspensión, partículas, macromoléculas de gran tamaño, materia coloidal o microorganismos, pero que no elimina iones o materia disuelta como ocurre con la ósmosis inversa. Las presiones de operación suele estar en el rango de 0.5 a 6 bar. La Figura 1 sirve de referencia para relacionar los contaminantes habituales con sus tamaños relativos y la tecnología más adecuada para su eliminación.

Los sistemas de ultrafiltración presentan una serie de ventajas sobre la filtración convencional, como menor consumo químico, mayor eficiencia de eliminación de contaminantes, mejor y más consistente calidad del filtrado, mayor compacidad y automatización más sencilla. Sin embargo, estos sistemas también requieren limpiezas químicas periódicas para restaurar las membranas. Se pueden encontrar comercialmente en configuración plana, tubular, espiral o fibra hueca, siendo estas últimas las más habituales en tratamiento de agua debido a su alta compacidad y posibilidad de ser lavadas hidráulicamente en sentido contrario al de filtración.

Las membranas de Ultrafiltración eliminan contaminantes por un simple mecanismo de exclusión por tamaño (cribado o tamizado). Una diferencia de presión hace posible la operación. El tamaño de poro nominal (diámetro del poro expresado en micras) o el peso molecular de corte (peso molecular de un soluto que es retenido en más de un 90%, medido en Daltons) habitualmente se utilizan para caracterizar las membranas de Ultrafiltración.

Hay que tener en cuenta que materiales de membrana distintos con peso de corte molecular similar pueden presentar diferentes eficiencias de separación. La regularidad en la distribución de tamaños de poro y la propia química de la membrana juegan también un papel importante en la separación. Por otro lado no existe hasta la fecha un conjunto de normas o acuerdos internacionales para la determinación del peso molecular de corte.

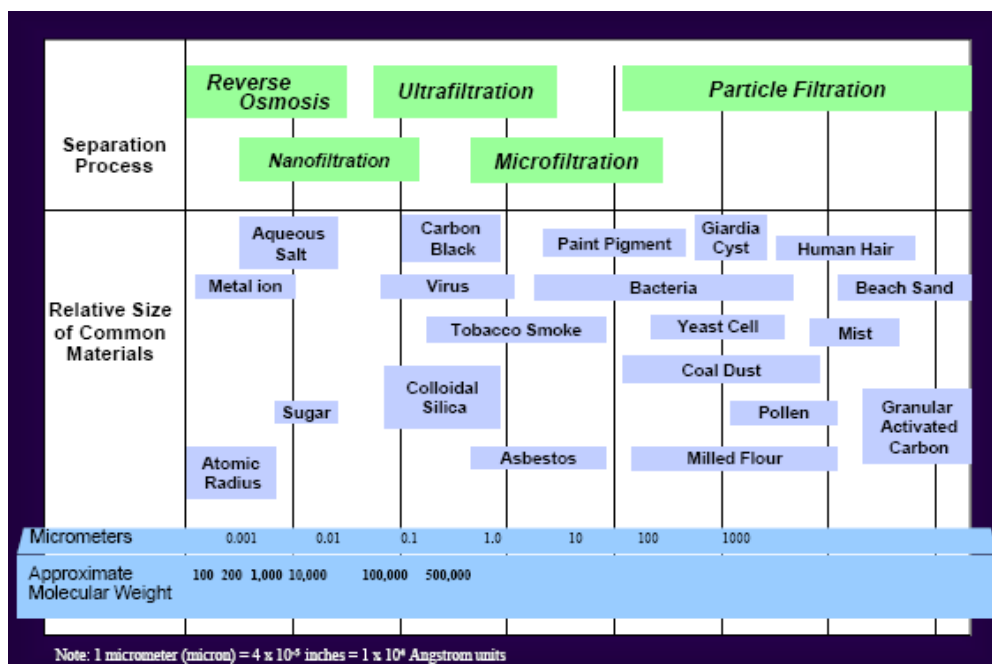


Figura 1: Tamaños relativos de contaminantes habituales y tecnología de eliminación asociada.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO DOW™ UF

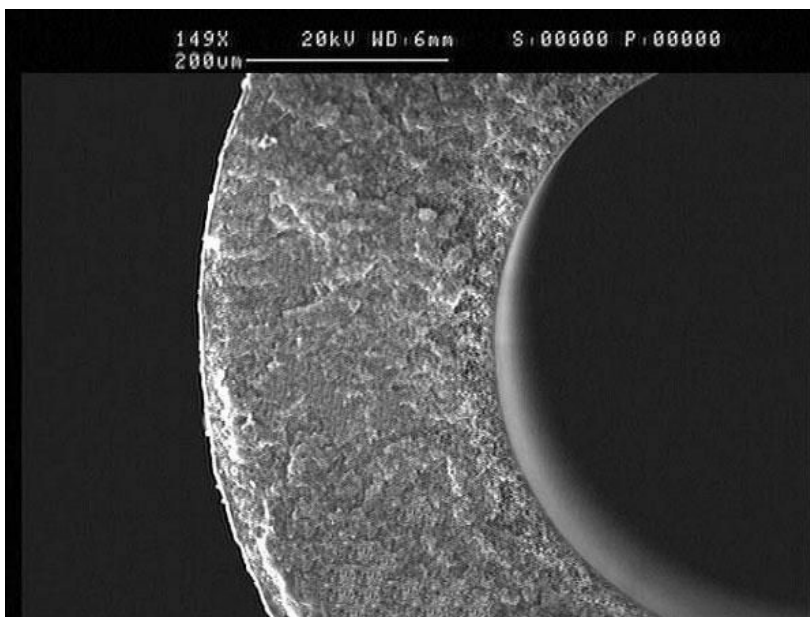
### 2.1 CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO

La tecnología DOW™ UF está basada en fibras huecas de **Fluoruro de Polivinilideno Hidrofílico (H-PVDF)** de doble pared. La naturaleza hidrofílica de este material reduce su tendencia al ensuciamiento orgánico característico de otros materiales más hidrófobos como la PS, la PES o el PP. La doble pared confiere a la fibra mayor robustez y menor tendencia a la rotura. El PVDF posee una gran resistencia térmica, mecánica y química, especialmente a los oxidantes habitualmente utilizados en los procesos de limpieza, lo que lo convierte en un material ideal para aplicaciones de tratamiento de aguas.

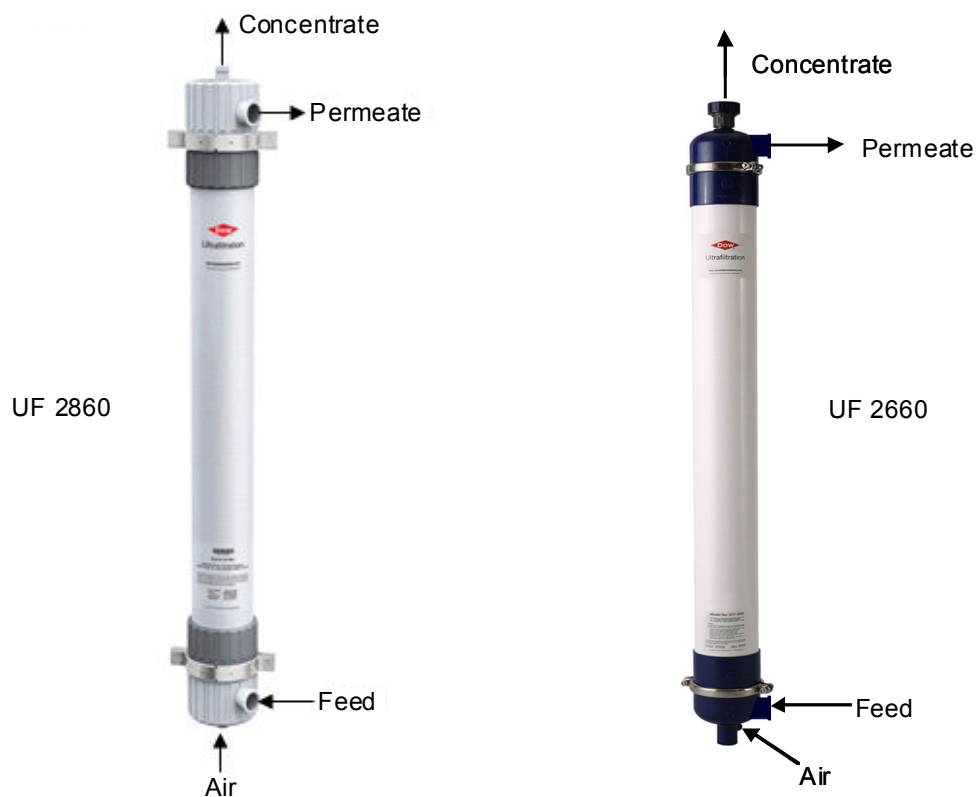
Las fibras huecas de ultrafiltración tienen un diámetro interior de 0.70 mm y exterior de 1.30 mm y se disponen en haces de miles de fibras que se introducen en recipientes cilíndricos de U-PVC en configuración vertical, configurando un módulo de gran compacidad con el que logra una alta producción en poco espacio.

La membrana presenta un tamaño de corte de **0.030 micras** nominal, con lo que se consigue una gran eliminación de contaminantes como microorganismos (p.ej. Giardia y Cryptosporidium), partículas, sólidos en suspensión (incluyendo materia coloidal) o turbidez, generando un filtrado de gran calidad -en muchos casos apto para su uso directo- o como protección de los sistemas instalados aguas abajo (p.ej. sistemas de ósmosis inversa).

Las membranas de fibra hueca de DOW™ UF trabajan de **fuera hacia dentro**, es decir, el agua filtrada se recoge en el interior de las fibras y la suciedad queda retenida en el exterior. Este sistema evita la obstrucción de las fibras por los contaminantes presentes en la corriente de alimentación y permite una mayor carga contaminante de entrada – o un pretratamiento más sencillo - comparado con los sistemas que trabajan de dentro a fuera.



**Figura 2:** Sección al microscopio de la fibra hueca DOW™ UF



**Figura 3:** Imagen del modulo DOW™ UF modelo SFP-2860 y SFP-2660

Los módulos de ultrafiltración DOW™ UF se disponen en paralelo en posición vertical –la cantidad de módulos instalada dependerá de la producción requerida. Cada módulo de ultrafiltración DOW™ UF dispone de 4 puertos. La alimentación entra por el puerto inferior lateral, y circula por el exterior de las fibras. El puerto de entrada de aire se encuentra también en la parte inferior del módulo, y sirve para aplicar aire en las limpiezas. Los puertos de concentrado y permeado se encuentran en la parte superior de los módulos, como se indica en la figura 3.

Módulo	Alimentación / Permeado	Concentrado	Aire
<b>SFP2660/2680</b>	DN 50 Victaulic	DN 32 Threaded	3/8" Threaded
<b>SFP 2860/2880</b>	DN 50 Victaulic	DN 50 Victaulic	3/8 "Threaded

**Tabla 1.** Tamaño y tipo de las conexiones de los módulos DOW™ UF

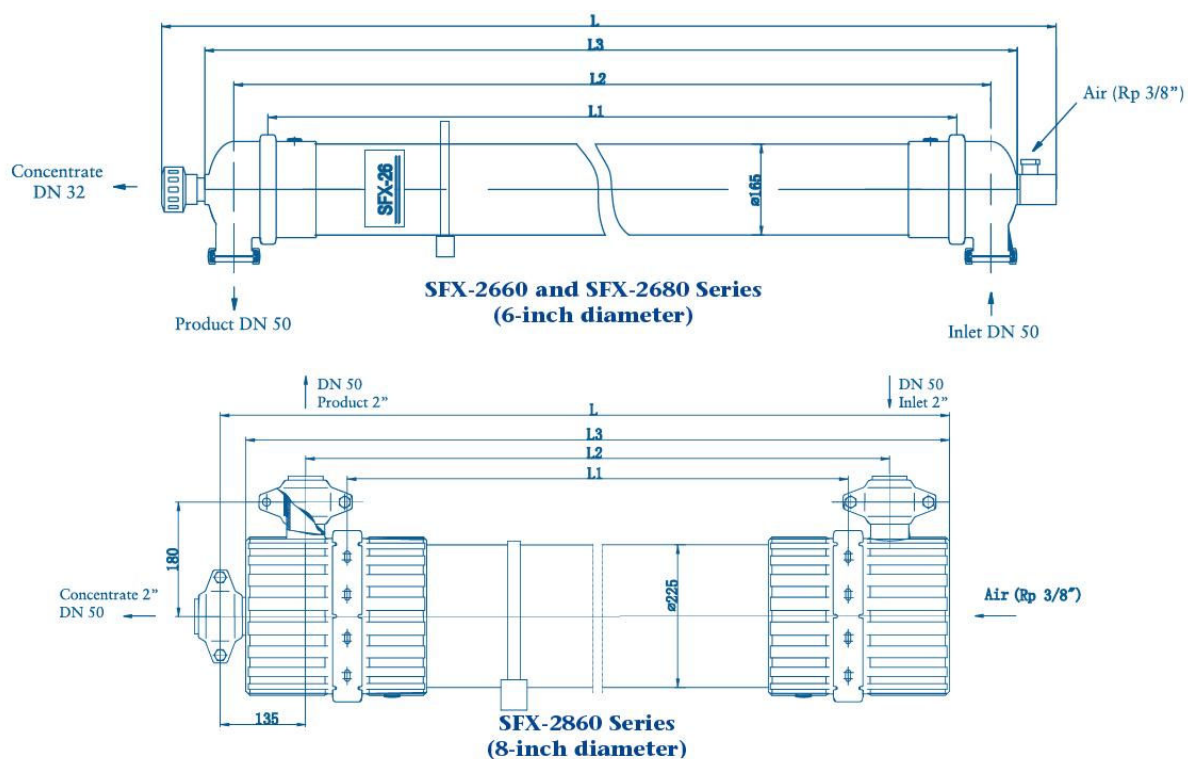
## 2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS

Las especificaciones técnicas para cada módulo DOW™ UF se muestran en la Tabla 2 a continuación y en las Figuras 4 y 5 (consultar hojas de especificaciones técnicas de los módulos para más detalles).

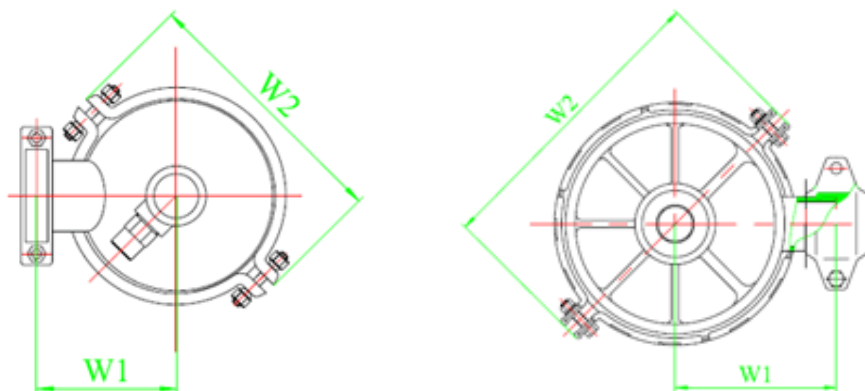
Tipo de Módulo →	SFX-2660		SFX-2680		SFX-2860		SFX-2880	
Propiedades ↓	SI	US	SI	US	SI	US	SI	US
Longitud - L	1860 mm	73.2"	2360 mm	92.9"	1860 mm	73.2"	2360 mm	92.9"
Longitud - L <sub>1</sub>	1500 mm	59.1"	2000 mm	78.7"	1500 mm	59.1"	2000 mm	78.7"
Longitud - L <sub>2</sub>	1610 mm	63.4"	2110 mm	83.1"	1630 mm	64.2"	2130 mm	83.9"
Longitud - L <sub>3</sub>	1710 mm	67.3"	2210 mm	87.0"	1820 mm	71.7"	2320 mm	91.3"
Diámetro - D	165 mm	6.5"	165 mm	6.5"	225 mm	8.9"	225 mm	8.9"
Anchura - W <sub>1</sub>	125 mm	4.9"	125 mm	4.9"	180 mm	7.1"	180 mm	7.1"
Anchura - W <sub>2</sub>	250 mm	9.8"	250 mm	9.8"	342 mm	13.5"	342 mm	13.5"
Superficie de Membrana	33 m2	355 ft <sup>2</sup>	44 m2	474 ft <sup>2</sup>	51 m2	549 ft <sup>2</sup>	77 m2	829 ft <sup>2</sup>
Volumen	16 L	4.2 gal	20 L	5.3 gal	35 L	9.3 gal	39 L	10.3 gal
Peso (lleno)	41 kg	90 lbs	53 kg	117 lbs	83 kg	183 lbs	100 kg	220 lbs
Peso (vacío)	25 kg	55 lbs	33 kg	73 lbs	48 kg	106 lbs	61 kg	135 lbs
Fibras/ Módulo	5,760		5,760		9,000		10,000	
Carcasa	UPVC		UPVC		UPVC		UPVC	

**Tabla 2.** Especificaciones técnicas de los módulos DOW™ UF





**Figura 4.** Dimensiones de los módulos DOW™ UF



**Figura 5.** Dimensiones sección módulos DOW™ UF 2660/2680 y 2860/2880

## 2.3 INSTALACIÓN DEL MÓDULO

**Fig.1 Installation Drawing**

### Installation Instructions:

- Membrane must remain wetted to prevent Irreversible damage. If leakage occurs refill preservative according to UF Technical Manual
- Replace the threaded end cap ② on Opening 1 with DN32 union.
- Replace the plastic disc ② in Opening 2 and 4 with T-adapter ① or grooved connector.
- Replace the air plug ② in Opening 3 with the air nipple and connect to the Quick tube connector ①. Verify O-ring placement on air nipple before completing installation.
- Bolt (M8) length for saddle clamp and base clip will depend on skid frame thickness.

**Fig.2 Saddle and Clamp Installation Drawing**

**Fig.3 Air Nipple Details**

**Fig.4 Base Clip Installation Drawing**

#### ADDITIONAL MATERIAL LIST (not supplied with modules)

NO.	Name	Qty.	Unit	Type
1	T adapter or Grooved Connector	2	pcs	DN50
2	Quick tube Connector	1	pcs	Rp3/8" Male Ø8
3	Bolt	1	pcs	M8
4	Nut	3	pcs	M8
5	Union	1	pcs	DN32

#### PACKING LIST

NO.	Name	Qty.	Unit	UF Code	Type
1	Dow UF	1	pcs	SFP-2660	6" Diameter, 60" Length
2	Saddle	1	pcs	SFP-148	SFP26-0.43
3	Clamp without Bolts	1	pcs	SFP-115	SFP26-0.21
4	Base Clip	1	pcs	SFP-038	SFP26-0.19
5	Air Nipple	1	pcs	SFP-154	SFP26-0.13
6	Air Nipple O-ring	1	pcs	SFP-158	Ø22*2.65

**WATER SOLUTIONS**

Address: 6F(A), Multi-media Building No.757, Guangzhong Rd.(w) Shanghai, 200072, P.R.China

Tel: 86-21-6140 4333

Fax: 86-21-6140 4359

Rev	Description	Approver	Date
A	Bob Wu		08/01/18
B			
C			
D			

Drawn	Bob Wu	Normalized	
Checked	Alexander Yu		
Approval			

**Title**

Dow-UF2660 Installation Instruction

**Project Name**

**Scale**

**Weight**

**Page**

**Remark:**

- ① Provided by Customer.
- ② Replace during Installation
- Unless otherwise specified, dimensions are in mm.

**Fig.1 Installation Drawing**

### Installation Instructions:

1. Membrane must remain wetted to prevent irreversible damage. If leakage occurs refill preservative according to UF technical Manual
2. Replace the shipping plug ② in Opening 1,2 and 3 with grooved connector①.
3. Bolt (M8) length for saddle clamp and base clip will depend on skid frame thickness.
4. Replace threaded plug ② in Opening 4 with Quick tube connector ①.

**Fig.2 View of bottom End Cap**

**Fig.3 Base Clip Detail**

**Fig.4 Saddle and Clamp Installation Detail**

**Remark:**

- 1.① Part provided by Customer.
- 2.② Replacement during Installation
- 3.Unless otherwise specified, dimensions are in mm.

ADDITIONAL MATERIAL LIST (not supplied with modules)				
NO.	Name	Qty.	Unit	Type
1	Grooved Connector	3	pcs	DN50
2	Quick tube Connector	1	pcs	Rp3/8" Male Ø10
3	Bolt	6	pcs	M8
4	Nut	4	pcs	M8

PACKING LIST				
NO.	Name	Qty.	Unit	Type
1	Dow UF	1	pcs	SFP-2860 8" Diameter, 60" Length
2	Saddle	1	pcs	SFP-202 SFP28-0.14
3	Clamp without Bolts	1	pcs	SFP-203 SFP28-0.7
4	Head Cover	1	pcs	SFP-195 SFP28-0.19
5	Base Clip	1	pcs	SFP-194 SFP28-0.18

Address: 6F(A) Mulikens Building No.757, Guangzhong Rd.(w) Shanghai, 200072, P.R.China

Tel: 86-21-6140 4333

Fax: 86-21-6140 4339

Revision				Title	Project Name
Rev	Description	Approver	Date		
A	Bob Wu		080818	Dow-UF2860 Installation Instruction	
B					
C					
D					

Drawn: Bob Wu	Normalized: [blank]	Scale: [blank]	Weight: [blank]
Checked: Alexander You	Approval: [blank]	Ver: [blank]	Page: [blank]

**Figura 6.** Despiece e instrucciones de instalación de los módulos DOW™ UF





**Figura 7.** Detalle de instalación usando módulos DOW™ UF 2860

### 3. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Con el objeto de evitar crecimiento bacteriológico en las membranas y para evitar que se sequen, las fibras de los módulos DOW™ UF se humedecen y almacenan en una solución al 1% de bisulfito de sodio. La solución preservativa se introduce en el módulo y los puertos se sellan con discos de plástico, *Victaulics* y tapones aislantes.

Si los módulos han de ser expuestos a temperaturas muy bajas se añade glicerina a la solución para evitar el congelamiento de las fibras. Los módulos se empaquetan individualmente para posteriormente ser apilados como se muestra en la imagen inferior.



**Figura 8.** *Pallets de módulos DOW™ UF*

Todos los módulos deben revisarse minuciosamente cotejándolos con los documentos de transporte y cualquier daño o discrepancia debe notificarse de inmediato a DOW.

**Módulos de UF almacenados previamente a su instalación en el bastidor:**

Los módulos han de ser almacenados en posición horizontal y con los puertos dirigidos hacia arriba. Para evitar una excesiva compresión de los módulos, no deben superarse cuatro niveles de altura para los módulos 2660, 2680 y 2860, y tres niveles para los 2880. Se deben almacenar en un sitio fresco, seco, ventilado y protegido de la luz solar directa, entre 20 y 35°C. Los módulos pueden ser almacenados en su empaquetado original y en estas condiciones hasta 1 año sin tomar medidas adicionales. Unos 2 litros de solución preservativa se añaden a los módulos 2660, 4 litros a los 2860 y 6 litros a los 2880.

**Módulos de UF instalados en el bastidor pero fuera de servicio:**

Los módulos instalados en los bastidores durante las tareas de montaje no pueden dejarse secar. Las membranas secas perderán su permeabilidad irreversiblemente. Existen módulos vacíos a disposición del usuario para utilizarlos como modelos en las tareas de montaje. Consulte con el fabricante si los módulos recién instalados no van a utilizarse en un plazo de 7 días.

Si se desea instalar los módulos en el bastidor antes de su transporte a destino, y los módulos han sido previamente utilizados, se recomienda llenar el sistema con una solución preservativa de bisulfito de sodio, posteriormente drenarlo y finalmente aislarlo cerrando todas las válvulas. Una vez que el sistema llegue a destino, se debe llenar con solución preservativa.

Los sistemas de UF están diseñados para operar en continuo y por lo tanto se comportarán mejor si se operan en continuo. Sin embargo en la práctica las paradas y arranques son frecuentes. Antes de cada parada se recomienda limpiar el sistema con aire y posteriormente ejecutar un contralavado, para evitar crecimiento biológico en los módulos.

El agua utilizada en el contralavado del sistema antes de la parada debe estar libre de productos químicos. Las dosificaciones químicas, tanto en la línea de alimentación como en el contralavado deben de ser interrumpidas antes de la parada. Después del contralavado descrito el sistema debe aislarse cerrando todas las válvulas.

Para evitar fugas en los módulos se debe tener especial cuidado con la contrapresión ejercida durante las paradas, en particular cuando se trata de una parada de emergencia o tiene lugar un corte en el suministro eléctrico.

El sistema puede estar parado hasta 48 horas sin necesidad de añadir solución conservante. Cuando el sistema va a estar fuera de servicio por más de 48 horas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Evitar que las membranas se sequen. Las membranas secas perderán su permeabilidad irreversiblemente.
- El sistema debe ser protegido contra crecimiento biológico. Enjuagar de 30 a 60 minutos por día o bien añadir solución preservativa y aislar el sistema.
- Proteger el sistema de temperaturas extremas.

Tiempo de Parada	Recomendaciones
< 48 horas	Limpieza con aire, contralavado con agua, aislar sistema.
2 - 7 días	Limpieza con aire, contralavado con agua, aislar sistema y operar de 30 a 60 minutos al día, o bien, limpieza con aire, contralavado con agua, añadir solución preservativa y aislar sistema.
7 - 90 días	Limpieza con aire, contralavado con agua, añadir solución preservativa y aislar sistema.
> 90 días	Limpieza con aire, contralavado con agua, renovar la solución preservativa y aislar sistema.

**Tabla 3.** Resumen de recomendaciones para paradas de planta

### **Módulos de UF desinstalados del sistema:**

En el caso de módulos desinstalados indefinidamente del sistema o para ser retornados a fábrica, proceda a llevar a cabo previo a la desinstalación una limpieza con aire seguida de un contralavado con agua limpia, como se ha explicado anteriormente. Añada 2, 4 ó 6 litros de solución preservativa al puerto de permeado de los módulos 2660, 2860 y 2880, respectivamente. Selle los puertos con los tapones plásticos tal como vinieron de fábrica e introdúzcalos individualmente en una bolsa plástica herméticamente y en su embalaje original. Asegúrese de evitar fuertes impactos o sacudidas. Coloque los módulos en posición horizontal y con los puertos de alimentación y permeado dirigidos hacia arriba. En caso de riesgo de congelación introduzca glicerina a la solución preservativa hasta lograr un 20% de concentración. La Tabla 4 inferior se suministra como referencia. Consultar con el fabricante para periodos de almacenaje superiores a 90 días.

Glicerina Wt %	Viscosidad cP	Disminución del Punto de Congelación °C
0.5	1.011	0.07
3.0	1.074	0.63
5.0	1.127	1.08
9.0	1.256	2.06
12.0	1.365	2.88
14.0	1.445	3.47
16.0	1.533	4.09
20.0	1.737	5.46
24.0	1.988	7.01
28.0	2.279	8.77
32.0	2.637	10.74
36.0	3.088	12.96
40.0	3.653	15.50
44.0	4.443	17.73
48.0	5.413	20.39
52.0	6.666	23.22
56.0	8.349	26.23
60.0	10.681	29.41

**Tabla 4.** Propiedades de la glicerina como agente anticongelante

## 4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DOW™ UF

### 4.1 SECUENCIAS DE OPERACIÓN

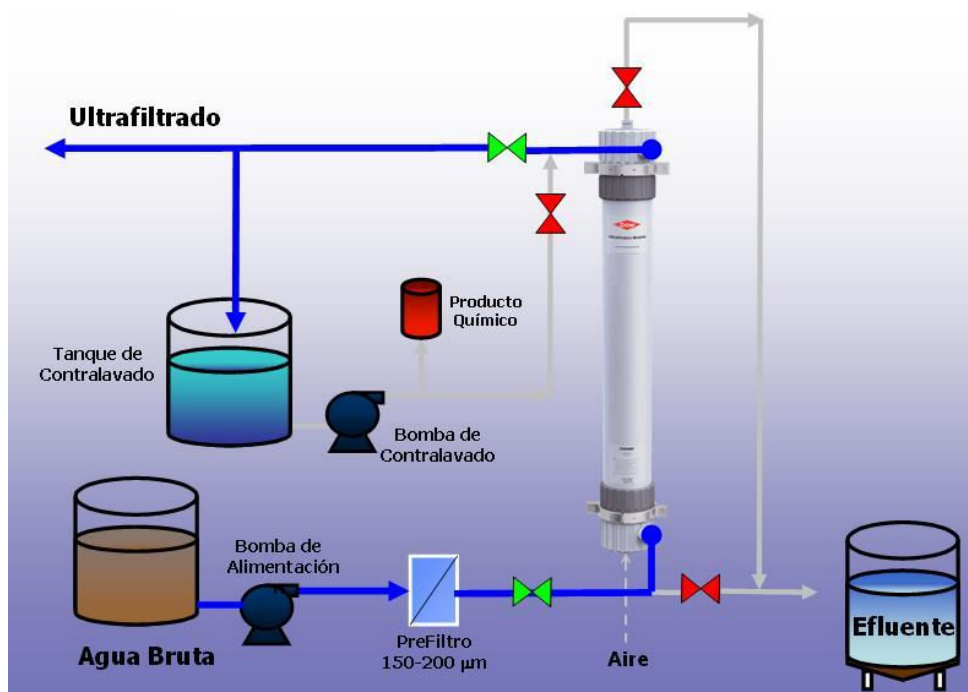
Las condiciones básicas de operación de los módulos DOW™ UF se muestran en la Tabla 5 a continuación.

Presión Máxima de Alimentación	3.0 barg @ 40C
Máxima presión Transmembranal	2.1 barg
Flux a 25°C	40 - 120 L/m²/h
Temperatura (limitado por el U-PVC)	1 – 40 °C
Rango de pH	2 - 11
NaOCl, máxima concentración (en limpiezas)	2,000 ppm

**Tabla 5.** Condiciones de operación de los módulos DOW™ UF

Cada vez que se arranque la planta es necesario inicialmente llevar a cabo un enjuague para eliminar los productos químicos y el aire atrapado en los módulos de ultrafiltración. Este enjuague se realiza por la cara externa de las fibras, sin atravesarlas, por lo tanto no hay producción de filtrado. Después de 2 ó 3 minutos de enjuague podemos ya comenzar a operar la planta en modo de filtración.

Durante la etapa de **filtración** (ver Figura 9) el agua a tratar es bombeada a través de la membrana (en sentido de fuera a dentro de las fibras huecas). El agua producto se recoge por lo tanto en el interior de las fibras y abandona el módulo a través del colector de permeado. Durante la etapa de filtración el puerto de concentrado permanece cerrado, por lo tanto los módulos trabajan en modo de final ciego (el 100% del agua de alimentación es convertida en filtrado), en contraposición al flujo tangencial o *cross-flow*, lo que simplifica mucho el diseño de la planta y requiere menos energía. Dependiendo del tipo de aplicación y de la calidad del agua de alimentación, la duración del ciclo de filtración varía de 20 a 60 minutos.



**Figura 9.** Esquema del modo de filtración

A medida que el ciclo de filtración transcurre las fibras se van ensuciendo por la acumulación de contaminantes presentes en la alimentación y es necesario llevar a cabo un **contralavado** automático para mantener un caudal de producción estable.

Normalmente la secuencia de contralavado completa incluye una etapa inicial de **aireación** (ver Figura 10), en donde aire a baja presión es introducido por una boquilla dispuesta a tal efecto en la parte inferior del módulo, de modo que las burbujas de aire ascienden y sacuden ligeramente las fibras, contribuyendo a la eliminación de la suciedad depositada sobre la membrana. Esta etapa dura unos 20-30 segundos y le sigue una etapa de **drenaje** del módulo (ver Figura 11), para evacuar los contaminantes eliminados durante la aireación y vaciar el contenido del módulo.

Posteriormente comienza la etapa de contralavado propiamente dicha, en donde un caudal determinado de agua filtrada es bombeada en sentido contrario, es decir, se introduce en el módulo por la parte de filtrado y atraviesa la fibra de dentro a fuera, expulsando de este modo de la membrana los contaminantes depositados



en su superficie o interior. El contralavado consta de dos pasos consecutivos; en un primer paso el agua se evacua a través del puerto superior el módulo, en donde la contaminación está más concentrada, y luego a través del puerto inferior (ver Figuras 12 y 13), en donde se encuentran las partículas más pesadas; de este modo se asegura una limpieza completa en toda la extensión de las fibras.

Por último se lleva a cabo un enjuague o **desplazamiento** final (Figura 14) con agua de alimentación prefiltrada. En este caso el agua circula sobre la superficie de las fibras (no la atraviesa), con el objetivo de ayudar a eliminar del módulo la suciedad remanente arrancada de las fibras en las etapas anteriores y asimismo arrastrar las burbujas de aire que se hayan podido quedar atrapadas en el interior del mismo.

Finalmente el módulo vuelve al modo de filtración y comienza nuevamente el ciclo.

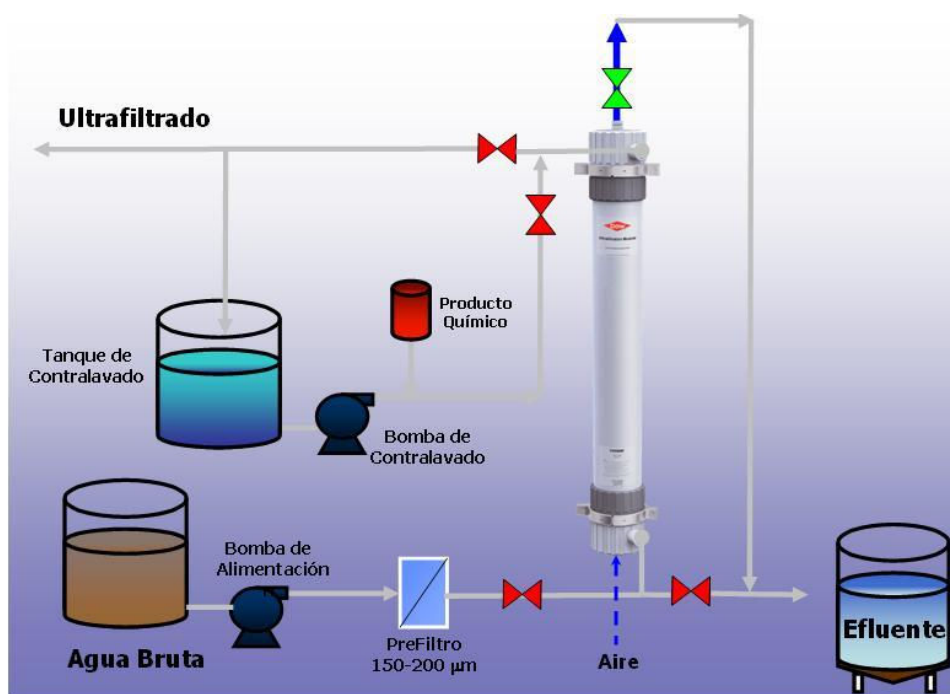


Figura 10. Esquema del modo de aireación

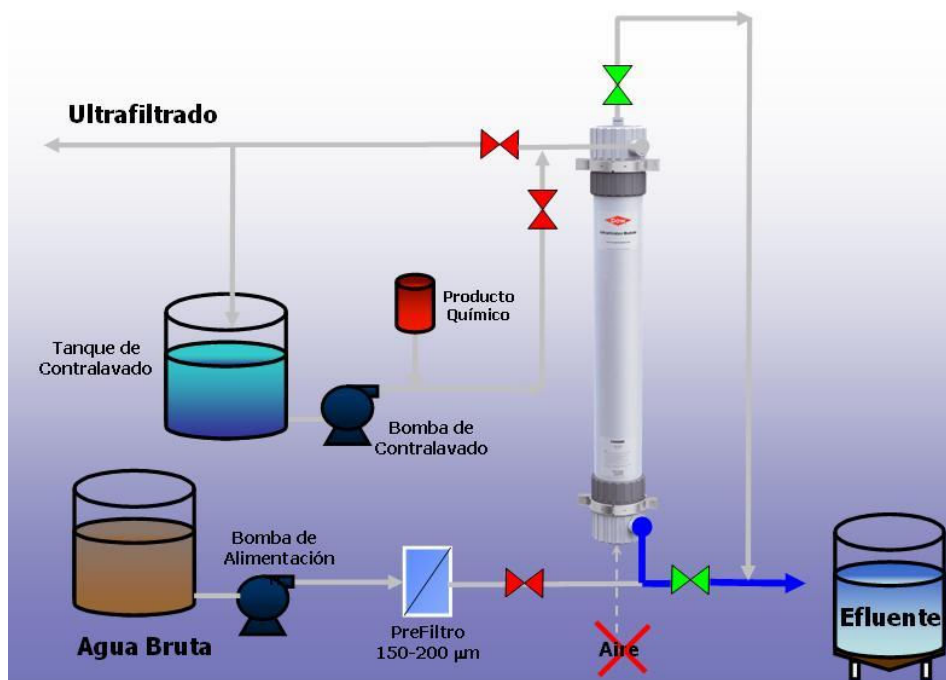


Figura 11. Esquema del modo de drenaje

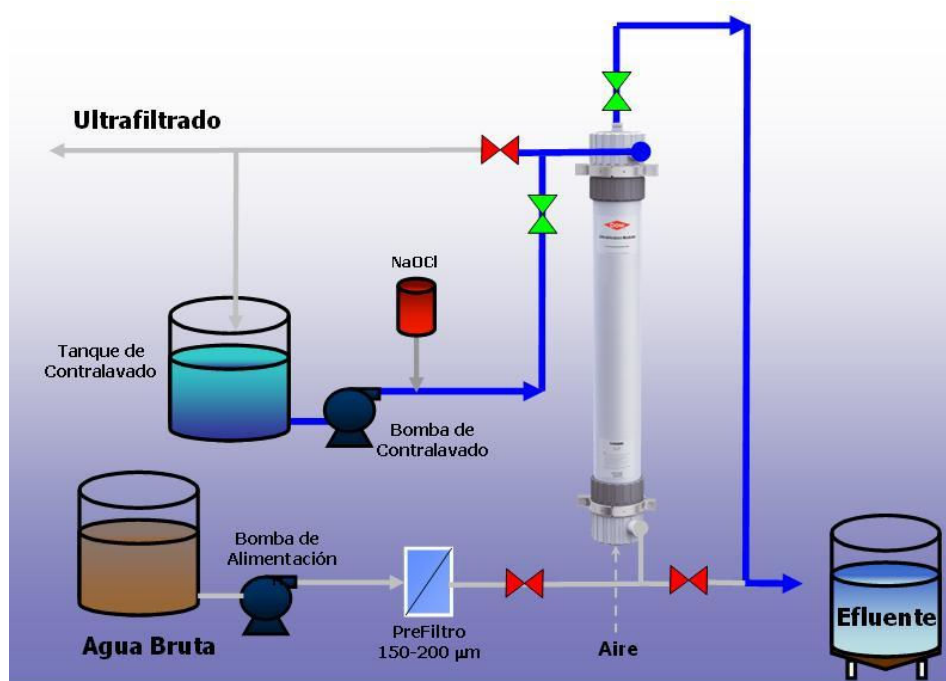


Figura 12. Esquema del modo contralavado a través del puerto superior del módulo

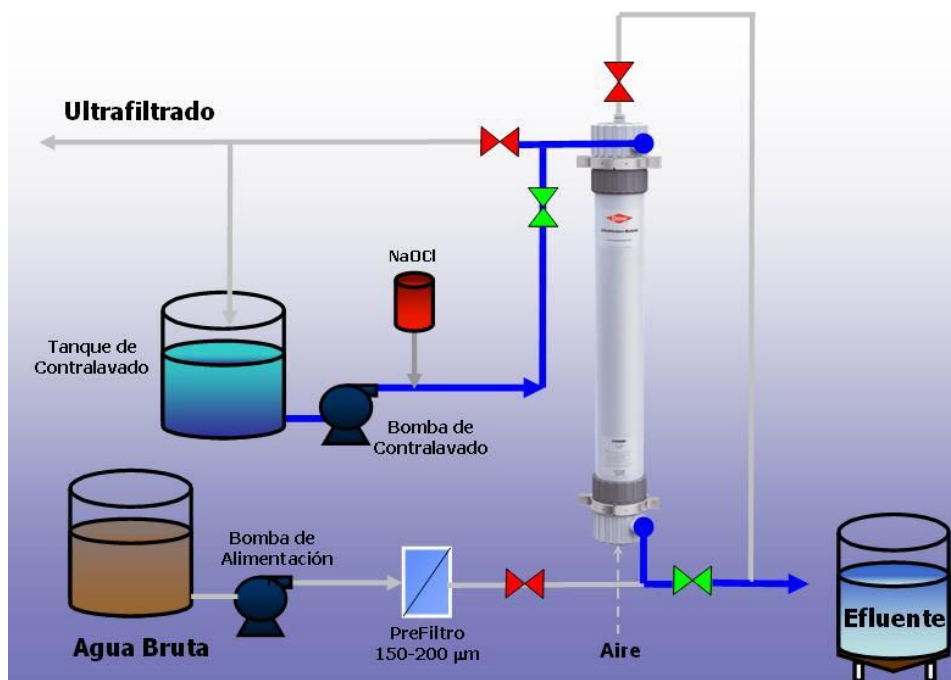


Figura 13. Esquema del modo contralavado a través del puerto inferior del módulo

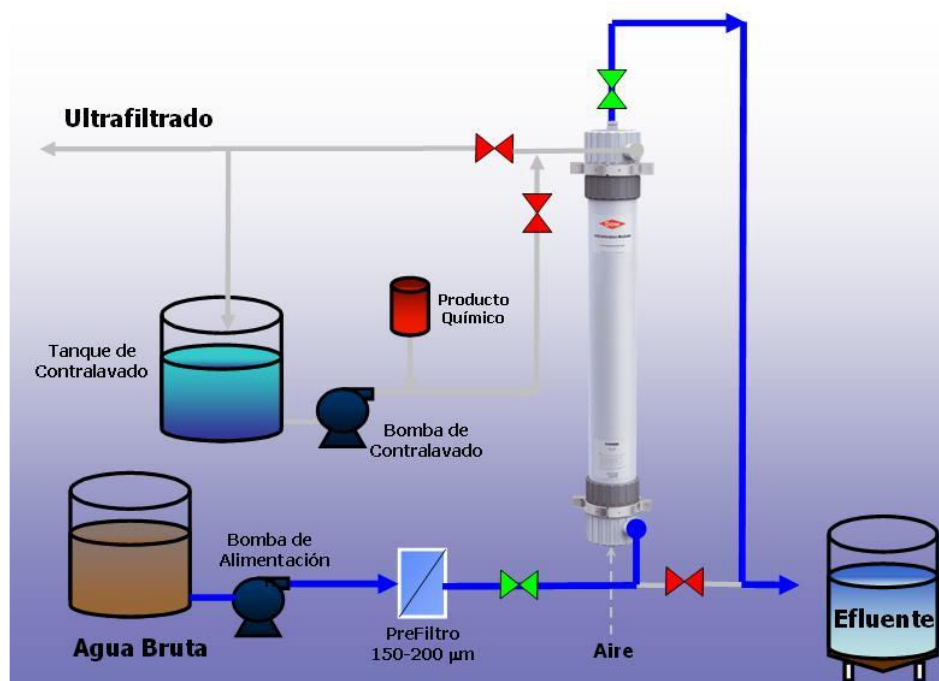


Figura 14. Esquema del modo desplazamiento (*forward-flush*)

Dependiendo del grado de ensuciamiento de las membranas podría ser necesario repetir varias veces toda la secuencia completa de contralavado.

Cuando los procedimientos descritos anteriormente no son suficientes para recuperar la condición inicial de la membrana, recurrimos a limpiezas químicas periódicas automáticas, llamadas **CEB** (del inglés “*Chemically Enhanced Backwash*”). En este caso se inyectan en la línea de contralavado productos químicos, cuya naturaleza y concentración dependerá del grado y naturaleza del ensuciamiento. Normalmente se usan productos estándar como NaOH para la limpieza y control de ensuciamiento orgánico, NaOCl para desinfección y HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para limpieza de residuos inorgánicos. La naturaleza y concentración de los reactivos químicos se realizará en base al diseño realizado con el software *UFlow*. Estas limpiezas requieren generalmente unos 5-20 minutos de reposo de los módulos de UF en la solución química para que se logre un mayor efecto. La frecuencia de estas limpiezas varía según el tipo de aplicación y la naturaleza del agua a tratar; pueden tener que realizarse en cada contralavado o cada varias horas o días, y puede ajustarse a medida que se vaya ganando experiencia en la operación de la planta.

Tras un procedimiento CEB es importante eliminar los residuos químicos que puedan permanecer en el sistema, especialmente si pueden suponer un riesgo para los equipos o procesos instalados aguas abajo. Por eso es recomendable finalizar el CEB con un contralavado breve con agua, un desplazamiento o incluso enviar a drenaje un cierto volumen de producto una vez que el sistema vuelve al modo de filtración.

Por último, puede ser recomendable o incluso necesario realizar de vez en cuando una limpieza intensiva al sistema, llamada **CIP** (del inglés “*Cleaning In Place*”), que se ejecuta periódicamente de forma manual, con unas frecuencias típicas de 1 a 3 meses. Antes de ejecutar la limpieza CIP se recomienda llevar a cabo una secuencia completa de contralavado, incluyendo aireación, drenaje del sistema, contralavado a través del puerto superior y contralavado a través del puerto inferior, y repetir estos pasos de 3 a 8 veces para eliminar completamente los contaminantes que no requieren acción química. Posteriormente el sistema se drena por gravedad para eliminar el exceso de agua y evitar la dilución de la solución química. La solución química se recircula entonces por el exterior de las fibras, normalmente durante 30 a 60 minutos, abriendo tras unos minutos de recirculación la válvula de permeado para que también esta corriente retorne al tanque.

Un aumento de temperatura de la solución hasta 40°C ayuda a mejorar la eficiencia de la limpieza. Tras la etapa de recirculación se deja el sistema en remojo en la solución química, por un periodo que varía en función del grado y naturaleza del ensuciamiento (habitualmente de 60 a 90 minutos), para finalizar con una nueva etapa de recirculación (20 a 30 minutos). Una vez esta etapa de recirculación se completa, se lleva a cabo una etapa de aireación, seguida de drenaje, contralavado y desplazamiento final (enjuague), para eliminar completamente la solución química del sistema.

En la operación CIP se suele utilizar los mismos reactivos químicos que los que se usan en los procedimientos CEB, pero habitualmente a mayores concentraciones. Si se desea realizar varias limpiezas CIP con diferentes reactivos químicos, es necesario llevar a cabo todos los pasos descritos anteriormente para cada solución química de limpieza.

## 4.2 PRETRATAMIENTO

La Tabla 6 a continuación muestra a modo de referencia los valores ideales y los máximos recomendados de algunos parámetros de la alimentación al sistema de UF para garantizar un diseño y funcionamiento óptimos. Esto no significa que los módulos de ultrafiltración no puedan tolerar aguas de peor calidad en momentos puntuales, pero obviamente cuanto peor sea la calidad media del agua a tratar, más conservativo debe ser el flux de diseño y mayores las frecuencias de limpieza para controlar el ensuciamiento de las membranas.

Si los parámetros de entrada se salen de los valores indicados se recomienda llevar a cabo pruebas piloto previas para tratar de determinar los parámetros operativos óptimos o el pretratamiento más adecuado para esa aplicación concreta.

Si el sistema de ultrafiltración es diseñado e instalado según estos valores de referencia pero la calidad de la alimentación empeora, consultar a *Dow Water & Process Solutions*.

Parámetro	Unidad	Valor Ideal	Valor Máximo
Turbidez	NTU	<50	300
Materia En Suspensión	mg/L	<50	100
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L	<10	40
Tamaño Partícula	µm	<150	300
Demanda Química de Oxígeno (Mn)	mg/L	<20	60
Aceites/Grasas	mg/l	0	2
pH en continuo	-	6-9	2-11
Temperatura	°C	15-30	40
Presión de Alimentación	barg	2.5-3.0	6
Presión transmembranal (TMP)	barg	0.2-0.8	2.1
Cl <sub>2</sub> en continuo	ppm	<0.5	200

**Tabla 6.** Condiciones recomendadas del agua de alimentación a los módulos DOW™ UF

Un filtro de seguridad de al menos 150 micras se recomienda aguas arriba del sistema de ultrafiltración para evitar que partículas de gran tamaño o impurezas alcancen las fibras y las puedan dañar.

Dependiendo del tipo de aplicación, la calidad del agua a tratar y el objetivo del proceso, la ultrafiltración puede combinarse con otras tecnologías como oxidación, coagulación, floculación, clarificación, absorción, filtración convencional o procesos de NF/OI para conseguir un resultado óptimo.

### 4.3 LIMPIEZA DE LOS MÓDULOS

En la Tabla 7 a continuación se muestran los valores habituales utilizados en las secuencias de lavado de los módulos de DOW™ UF.

<b>Frecuencia de Contralavado</b>		20-60 minutos
<b>Duración del Contralavado</b>		40-120 segundos
<b>Flux de Contralavado</b>		100-150 L/m <sup>2</sup> .h
<b>Aireación</b>	Presión Máxima de Entrada	2.5 bar
	Duración	20-60 segundos
	Caudal por módulo	5-7 Nm <sup>3</sup> /h (Modelos 2660 y 2680) 10-12 Nm <sup>3</sup> /h (Modelo 2860)
	Calidad del aire	Aire comprimido libre de aceite
<b>CEB</b>	Frecuencia	Depende de aplicación
	Duración	Inyección de reactivos: 40-120 seg. Remojo: 5-20 minutos
	Reactivos	0.1% HCl, 2% A. cítrico 0.05% NaOH + 0.1% NaOCl
<b>CIP</b>	Frecuencia	Depende de la aplicación y valor alcanzado de TMP
	Duración	2-4 horas (incluyendo recirculación, remojo y enjuague final)
	Caudal por módulo	1 m <sup>3</sup> /h (Modelos 2660 y 2680) 1.5 m <sup>3</sup> /h (Modelo 2860)
	Reactivos	0.2% HCl; 2% ácido cítrico u oxálico 0.1% NaOH + 0.2% NaOCl
	Temperatura	10-40°C

**Tabla 7.** Valores habituales usados en operaciones de limpieza de los módulos DOW™ UF

## 4.4 ENSUCIAMIENTO

Existen básicamente cuatro tipos de ensuciamiento que afectan a las membranas de ultrafiltración:

**Ensuciamiento por Partículas:** Debido a la turbidez y sólidos en suspensión presentes en el agua. Normalmente puede ser fácilmente eliminado por medios hidráulicos o aireación y minimizado mediante pretratamiento a base de coagulación, floculación, sedimentación y/o filtración por arena.

**Ensuciamiento Biológico:** Controlado mediante dosificación de cloro o biocida y reducido mediante eliminación de nutrientes orgánicos con tecnologías como la absorción o coagulación aguas arriba del sistema de ultrafiltración. La limpieza habitual para este tipo de ensuciamiento es CEB con oxidantes.

**Ensuciamiento Inorgánico:** Debido a la precipitación de material inorgánico sobre la superficie de la membrana (como óxidos de hierro o manganeso). Se controla mediante limpiezas ácidas y puede ser minimizado mediante oxidación y filtración previa o ablandamiento si el agua tiene una dureza alta. Para evitar ensuciamiento inorgánico por carbonatos también se recomienda utilizar agua de baja dureza (idealmente agua desmineralizada u osmotizada) en los lavados alcalinos. La limpieza habitual para este tipo de ensuciamiento es CEB ácido (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ácido cítrico u oxálico) a pH 2.

**Ensuciamiento Orgánico:** Es el más habitual en procesos de ultrafiltración y es debido fundamentalmente a la absorción de la materia orgánica disuelta presente en el agua en la estructura de la membrana. Se reduce mediante tecnologías previas como coagulación o absorción y se elimina mediante lavados alcalinos (NaOH) a pH 12.

## 5. OPERACIÓN DE LA PLANTA

### 5.1 PUESTA EN MARCHA

Las siguientes recomendaciones deben seguirse durante la puesta en marcha de la planta de DOW™ UF.

- Operar en modo manual durante las operaciones preliminares.
- Enjuagar la planta (a baja presión) inicialmente para eliminar la solución preservativa contenida en los módulos, hasta que se deje de observar espuma en la salida.
- Durante las primeras 24 horas de operación operar a no más de un 60% del caudal de diseño.

#### COMPROBACIONES BÁSICAS INICIALES:

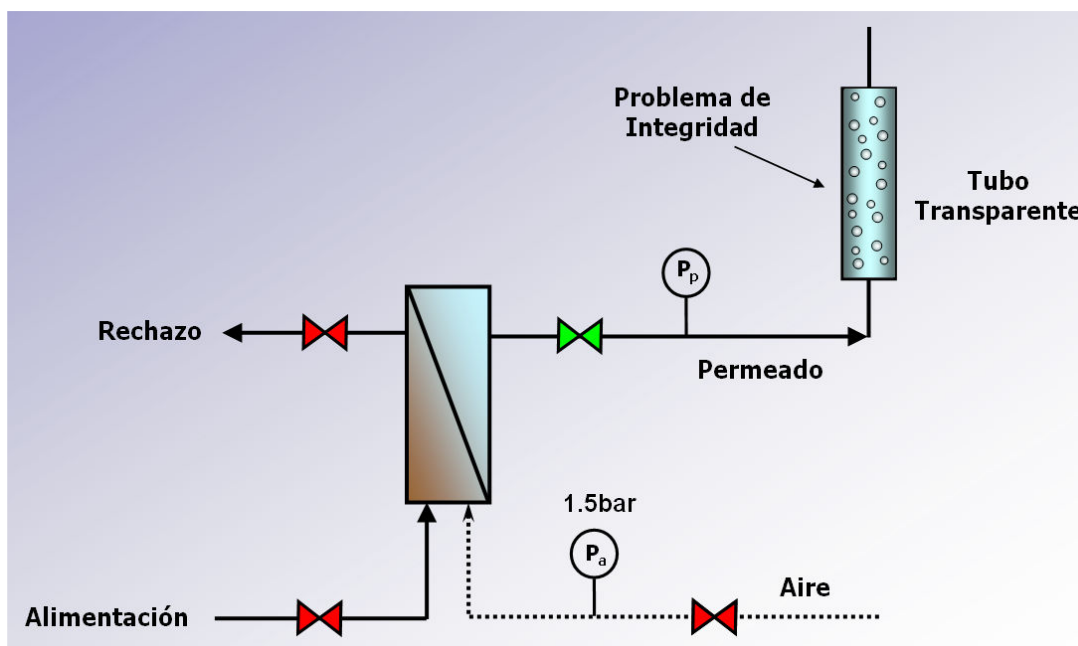
1. La línea de pretratamiento debe estar completamente terminada y operativa y suministrando agua a la calidad considerada en el diseño de la UF. Comprobar, si procede, que los puntos de inyección química están correctamente ubicados y que funcionan adecuadamente.
2. Verificar que la línea de drenaje está completamente instalada.
3. Verificar que el programa PLC está operativo.
4. Realizar una comprobación completa de la instalación eléctrica.
5. Verificar la correcta alineación, lubricación y polaridad de las bombas.
6. Verificar la correcta calibración de los instrumentos, según recomendaciones de los fabricantes.
7. Enjuagar todas las tuberías del sistema para evitar que quede atrapado en el interior cualquier partícula o elemento extraño. Realizar esta operación antes de instalar los módulos de UF. Durante este enjuague observar y reparar posibles fugas en tuberías, instrumentación o válvulas.
8. Eliminar el aire atrapado en el sistema.

## 5.2 TEST DE INTEGRIDAD

Existen diversos métodos para comprobar la integridad de las fibras de ultrafiltración. Algunos de estos métodos son indirectos, como la medición de la turbidez o el recuento de partículas en la corriente de producto y comparación con los valores de alimentación, y otros directos, siendo el más habitual la medición de la caída de presión de aire (*Air Pressure Decay Test*) y la inspección visual de burbujas (*Bubble Test*). Para esto último se recomienda instalar una sección de tubo transparente en la línea de filtrado del módulo de DOW™ UF.

El procedimiento habitual para detectar posibles fugas en las fibras es el siguiente:

1. Parar la unidad o módulo DOW™ UF. Drenar el volumen a través de la válvula inferior.
2. Cerrar las válvulas de alimentación y rechazo, manteniendo abierta la línea de permeado.
3. Presurizar lentamente el módulo de ultrafiltración con aire libre de aceite a través de la válvula de aire, hasta una presión de 2.0 bar. El agua desplazada inicialmente por el aire atravesará las fibras y fluirá por el conducto de permeado.
4. Interrumpir la inyección de aire.
5. Mantener el módulo de ultrafiltración presurizado durante 10 minutos. El sistema estará íntegro si la caída de presión tras estos 10 minutos no supera los 0.20 barg. Si la caída de presión es superior a este valor, es posible que existan fibras rotas (aunque también puede deberse a fugas en tuberías, instrumentos o válvulas). Téngase en cuenta que es normal observar pequeñas burbujas en el conducto de permeado debido a la difusión natural del aire a través de las fibras. Si existe alguna fibra rota se observará un caudal continuo y con grandes burbujas en el conducto transparente de permeado (ver Figura 15).
6. Reparar las fibras rotas siguiendo el procedimiento de reparación (consultar con *Dow Water & Process Solutions*).



**Figura 15.** Esquema de la prueba de Integridad por observación de burbujeo (*Bubble Test*)



### 5.3 PARADA DE LA PLANTA

Si va a realizar una parada manual, abra la válvula de concentrado durante 15 segundos y luego cierre lentamente la válvula de entrada.

Si la planta va a estar inactiva pocos días, unos 30-60 minutos de operación diaria puede proteger el sistema ante crecimiento biológico. Para paradas de más de 7 días llevar a cabo manualmente una etapa de aireación, contralavado, llenar el sistema con solución preservativa (1%  $\text{NaHSO}_3$ ) y aislar el sistema.

Es importante que durante la parada de la planta los módulos de UF permanezcan siempre húmedos; los módulos podrían sufrir daño irreversible si se les deja secar.

### 5.4 HOJAS DE REGISTRO

Es recomendable mantener un registro de los parámetros de operación de la planta. Esto será muy útil para resolver problemas y optimizar la operación. La frecuencia recomendada de toma de datos dependerá de la aplicación concreta. Se adjuntan dos ejemplos, como referencia, de hojas de registro de datos, una para la operación normal de la planta y otra para los procedimientos de limpieza CIP.

DOW™ UF - Hoja de Registro / Operación de la Planta			
Datos de la planta y cliente:			
Descripción de la planta:			
Tipo módulo DOW™ UF:	Nº de Bastidores:	Nº de Módulos por bastidor:	Área de membrana:
Fecha:	Hora:	Horas en Operación:	Firma:
Parámetro	Unidad	Valor	Comentarios
Temperatura	°C		
Presión entrada pre-filtro	bar		
Presión salida pre-filtro	bar		
Presión entrada UF ( $P_f$ )	bar		
Presión producto UF ( $P_p$ )	bar		
Caudal de producto por bastidor ( $Q_p$ )	m³/hr		
Caudal de contralavado ( $Q_{bw}$ )	m³/hr		
Duración del contralavado ( $t_{bw}$ )	segundos		
Caudal de desplazamiento ( $Q_{ff}$ )	m³/hr		
Duración del desplazamiento ( $t_{ff}$ )	segundos		
Ciclo de Filtración ( $t_f$ )	minutos		
Duración de la aireación	segundos		
Frecuencia del CEB alcalino	horas		
pH o concentración CEB alcalino	pH o ppm		
Frecuencia del CEB ácido	horas		
pH o concentración CEB ácido	pH o ppm		
Turbidez entrada UF	NTU		
Turbidez producto UF	NTU		
MES entrada UF	ppm o mg/L		
MES producto UF	ppm o mg/L		
SDI <sub>15</sub> producto UF	-		
Flux de operación (J)	L/m²/h		
Presión Transmembranal (TMP)	bar		
Permeabilidad	L/m²/h/bar		
<b>Ecuaciones:</b>			
Presión Transmembranal (TMP) = $P_f - P_p$			
Conversión (R) = $(Q_p * t_f - Q_{bw} * t_{bw}) / (Q_p * t_f + Q_{ff} * t_{ff}) * 100$			

DOW™ UF - Hoja de Registro Limpiezas CIP				
<b>Datos de la planta y cliente:</b>				
<b>Descripción de la planta:</b>				
<b>Tipo módulo DOW™ UF:</b>	<b>Nº de Bastidores:</b>	<b>Nº de Módulos por bastidor:</b>	<b>Horas en Operación:</b>	<b>Nº de limpiezas totales:</b>
<b>Fecha:</b>	<b>Hora:</b>	<b>Horas en Operación tras última limpieza:</b>		<b>Firma:</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Primera Limpieza</b>	<b>Segunda Limpieza</b>	<b>Comentarios</b>
<b>Contralavado y Aireación previa</b>				
Origen del agua usada en el contralavado	-			
Flux de contralavado	L/m²/h			
Caudal de aire por módulo	Nm³/h			
<b>Reactivos Químicos</b>				
Volumen de la solución química	Litros			
Ácido (especificar tipo y %):	Litros			
Sosa ( %)	Litros			
Hipoclorito ( %)	Litros			
Otros (especificar)	Litros			
<b>Condiciones de Operación</b>				
Concentración de la solución	%			
pH	-			
Temperatura	°C			
Caudal de recirculación	m³/h			
Duración de la recirculación inicial	minutos			
Duración del remojo	minutos			
Duración de la recirculación final	minutos			
<b>Enjuague/Contralavado Final</b>				
Origen del agua	-			
Caudal	m³/h			
Duración del enjuague	minutos			

## Oficinas Dow Water & Process Solutions.

Para más información contacte con Dow Water & Process Solutions:

### Europa

Dow Customer Information Group  
Dow Water & Process Solutions  
Prins Boudewijnlaan 41  
B-2650 Edegem  
Belgium  
Tel. +32 3 450 2240  
Tel. +800 3 694 6367 †  
Fax +32 3 450 2815

[Contact the Customer Information Group](#)

### Japón

Dow Chemical Japan Ltd.  
Dow Water & Process Solutions  
Tennoz Central Tower  
2-24 Higashi Shinagawa 2-chome  
Shinagawa-ku, Tokyo 140-8617  
Japan  
Tel. +81 3 5460 2100  
Fax +81 3 5460 6246

[Contact the Customer Information Group](#)

### China

Dow Chemical (China) Investment Company Ltd.  
Dow Water & Process Solutions  
No.936,Zhangheng Rd,  
Zhangjiang Hi-Tech Park  
Shanghai 201203  
China  
Tel. +86 21 3851 1000  
Fax +86 21 5895 1818

[Contact the Customer Information Group](#)

### Asia Pacific

Customer Information Group – Dow Water & Process  
Solutions  
All countries except Indonesia and Vietnam:  
Toll free phone: +800 7776 7776  
Toll free fax: +800 7779 7779

All countries:  
Tel. +60 3 7958 3392  
Fax +60 3 7958 5598

[Contact the Customer Information Group](#)

### América Latina

Dow Química S.A.  
Dow Water Solutions  
Rua Alexandre Dumas, 1671  
Sao Paulo – SP – Brazil  
CEP 04717-903  
Tel. 55-11-5188 9277  
Fax 55-11-5188 9919

[Contact the Customer Information Group](#)

### Norte América

The Dow Chemical Company  
Dow Water & Process Solutions  
Customer Information Group  
P.O. Box 1206  
Midland, MI 48641-1206  
USA  
Tel. 1-800-447-4369  
Fax (989) 832-1465

[Contact the Customer Information Group](#)

### Internet

<http://www.dowwatersolutions.com>

† Toll-free telephone number for the following countries: Austria, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, Hungary, Ireland, Italy, The Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, and the United Kingdom

**Notice:** No freedom from any patent owned by Dow or others is to be inferred. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other government enactments. The product shown in this literature may not be available for sale and/or available in all geographies where Dow is represented. The claims made may not have been approved for use in all countries. Dow assumes no obligation or liability for the information in this document. References to "Dow" or the "Company" mean The Dow Chemical Company and its consolidated subsidiaries unless otherwise expressly noted. NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED

