

OSMOSIS INVERSA: Relación entre presión, conductividad y factores que afectan al diseño

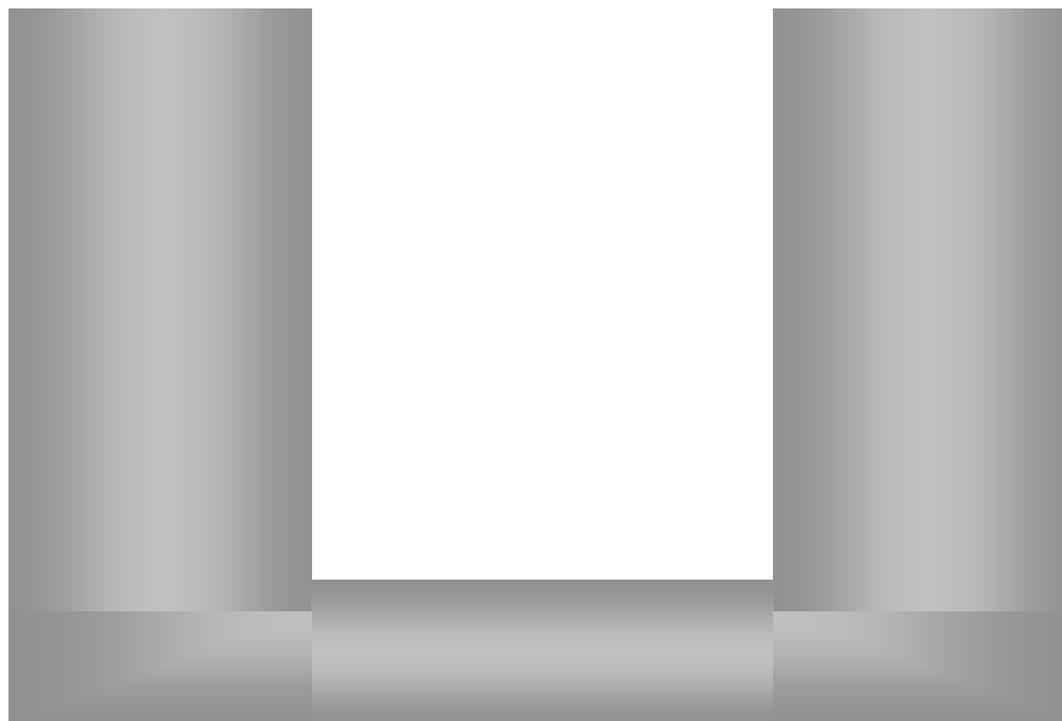
Por: Juan María Sánchez

Valencia a 17 de Octubre de 2022

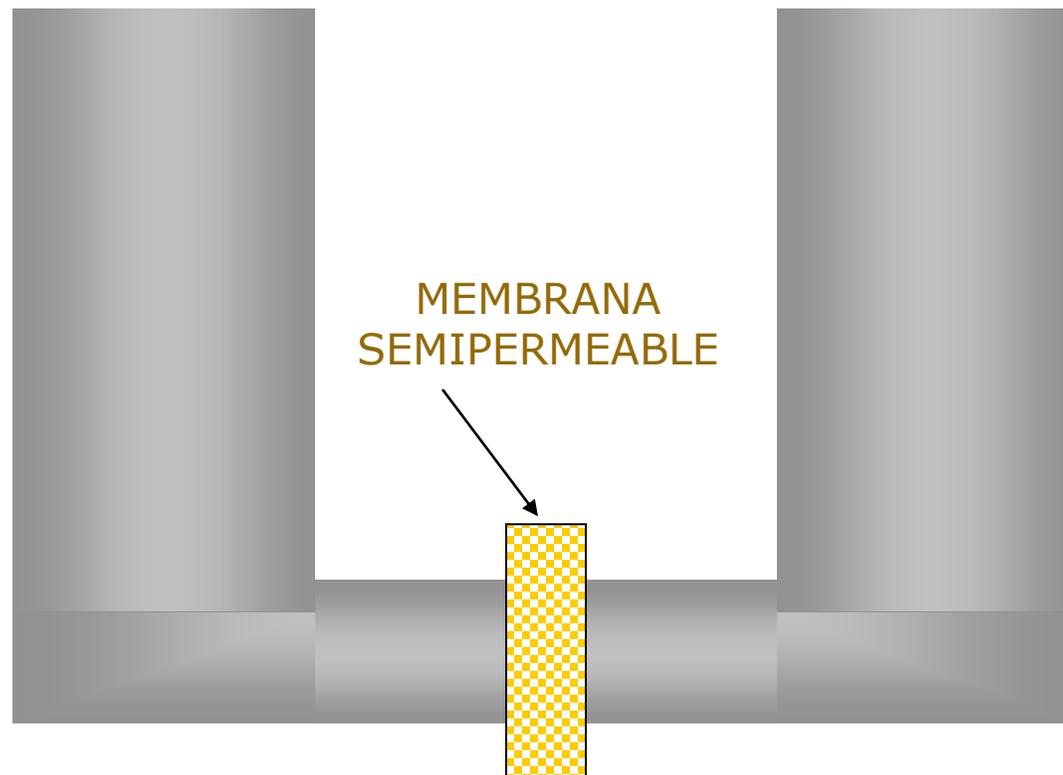
INDICE

1. PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA
2. MEMBRANAS DE ARROLLAMIENTO EN ESPIRAL
3. CONFIGURACIONES DEL BASTIDOR DE OSMOSIS INVERSA
4. PARÁMETROS DEL PROCESO
5. ECUACIONES DE LAS MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA
6. PARÁMETROS LIMITANTES
7. PARÁMETROS QUE AFECTAN A LA CONDUCTIVIDAD DEL PERMEADO
8. DETERMINACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL BASTIDOR
9. DATOS Y VARIABLES

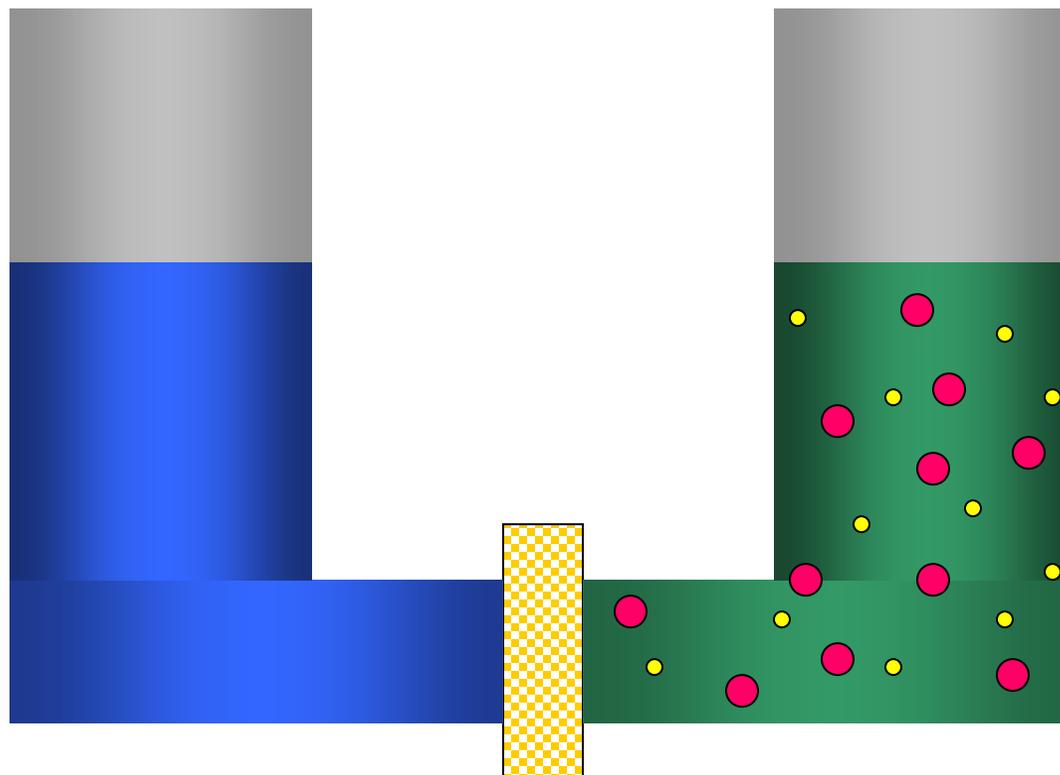
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



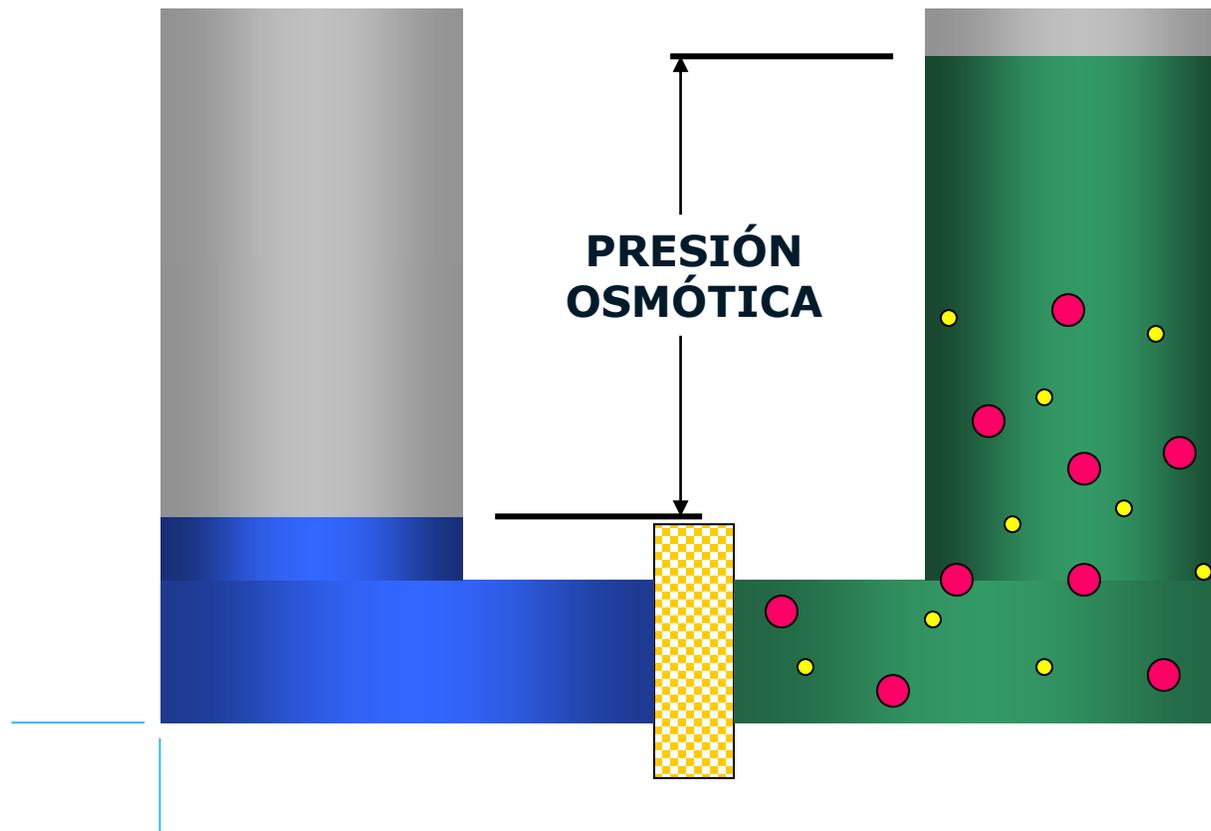
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



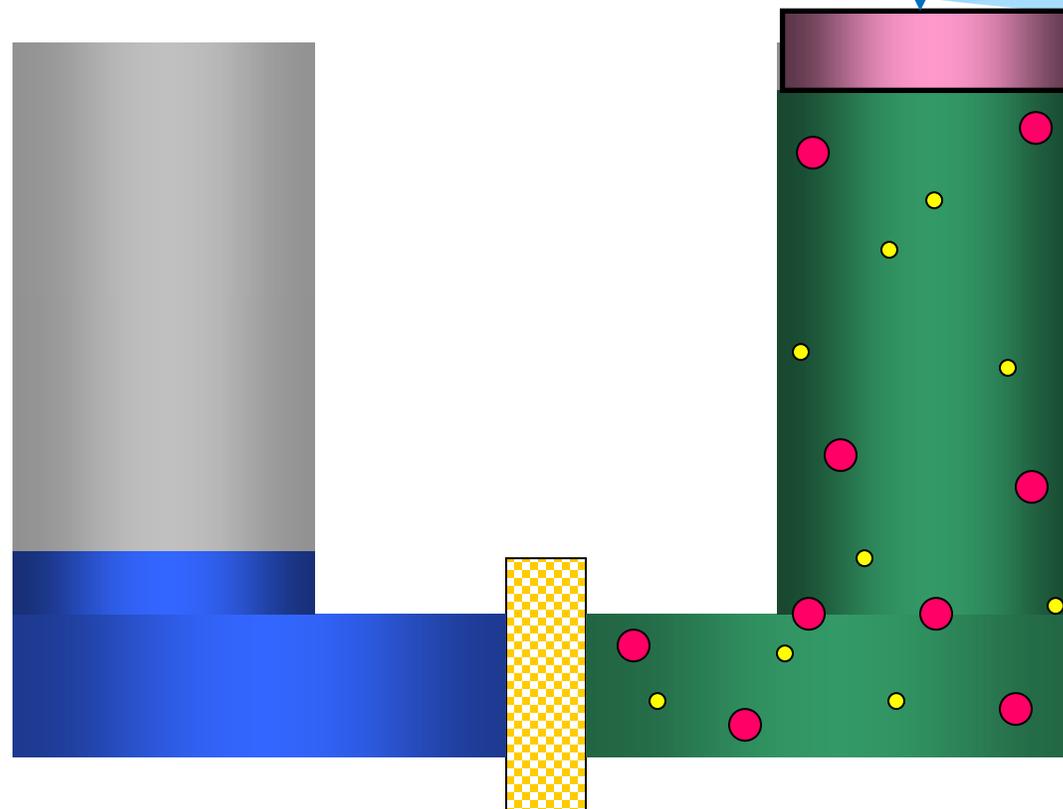
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



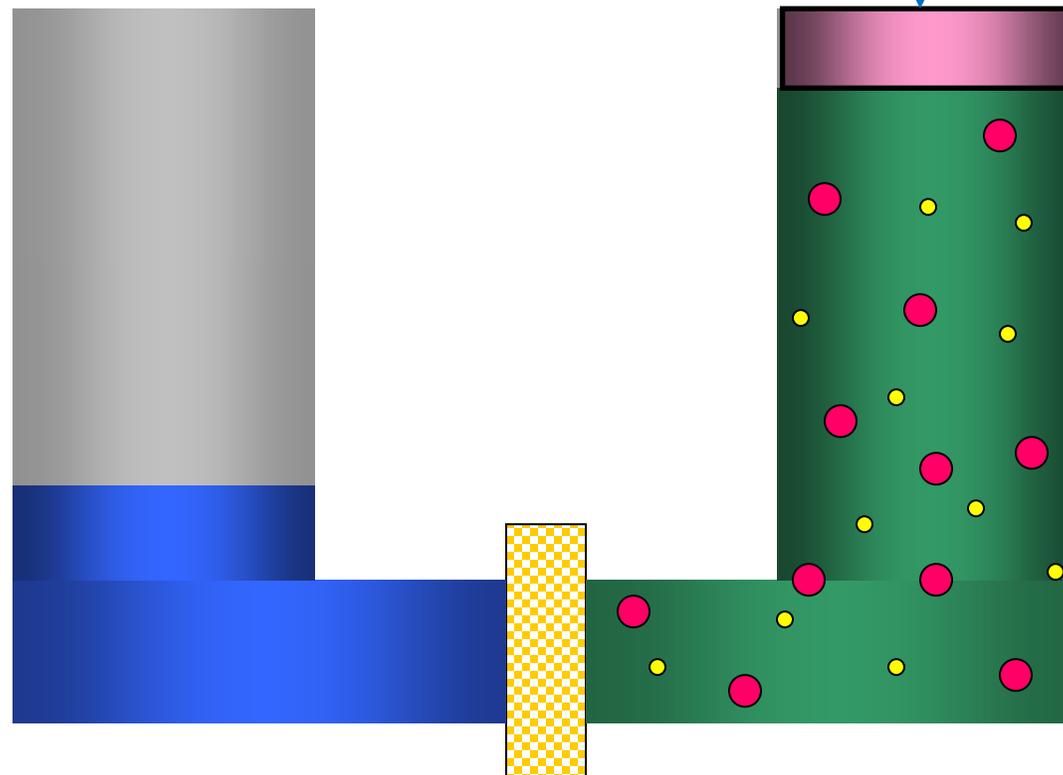
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



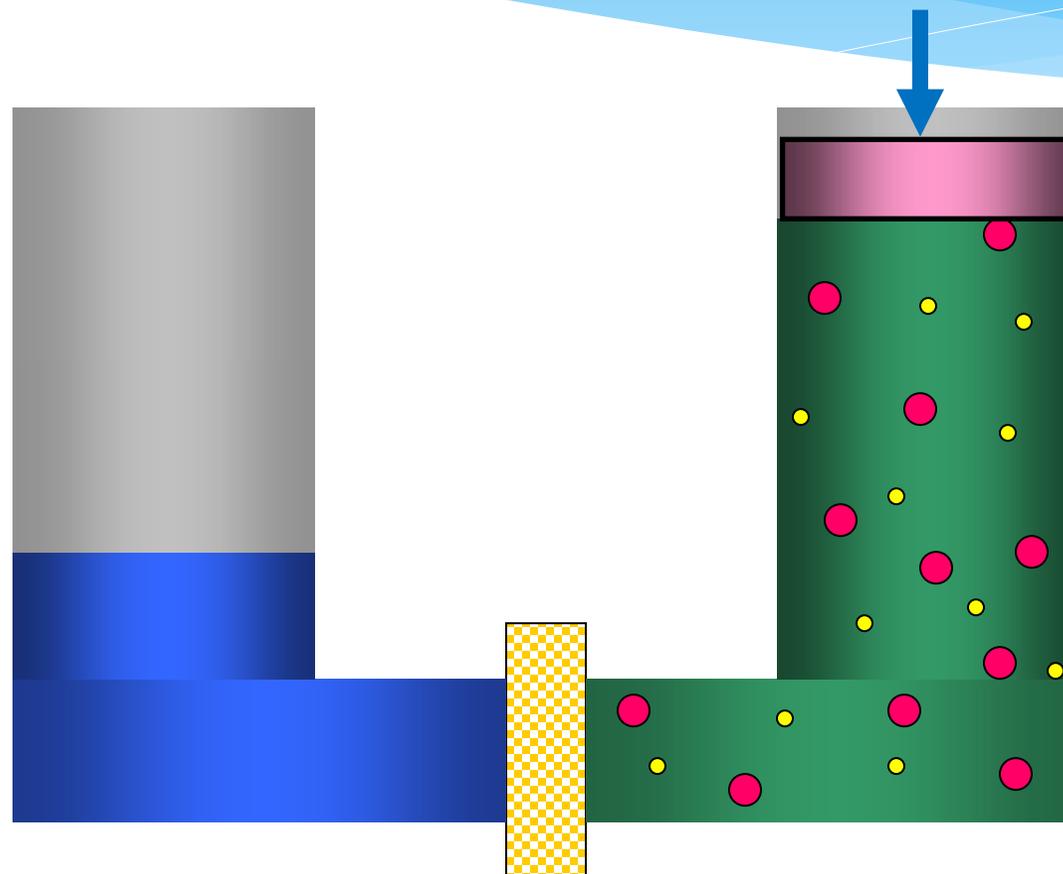
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



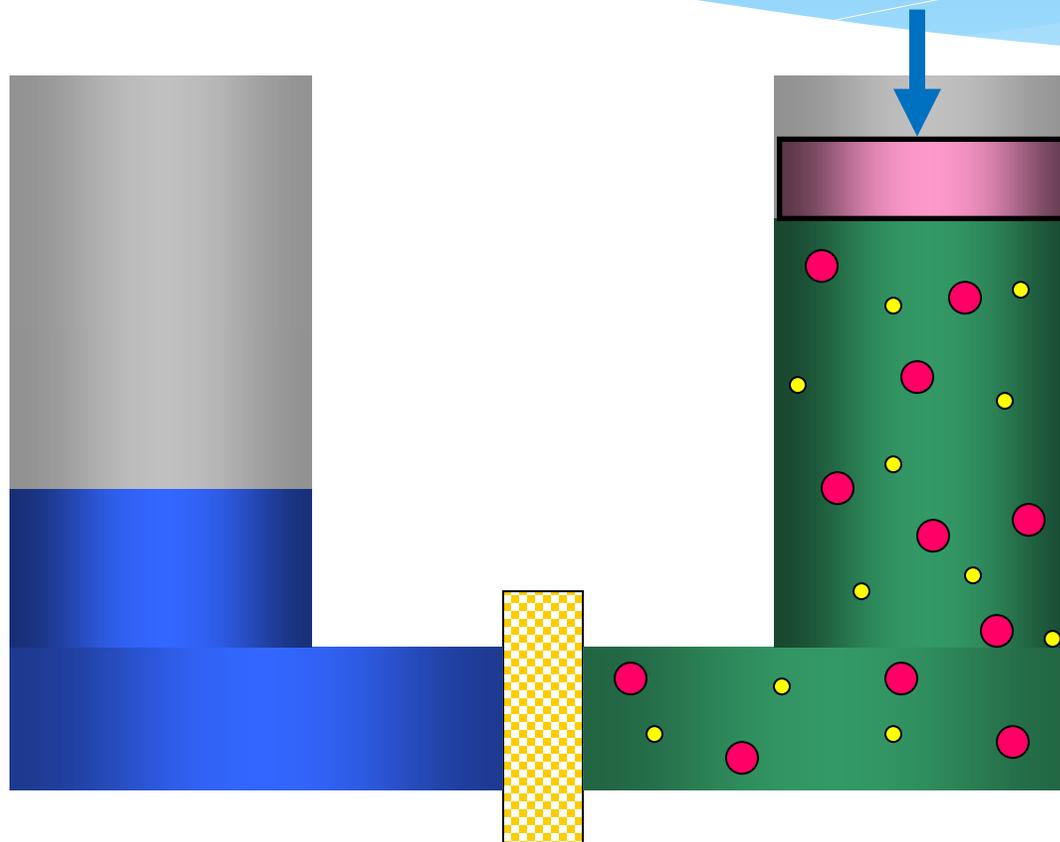
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



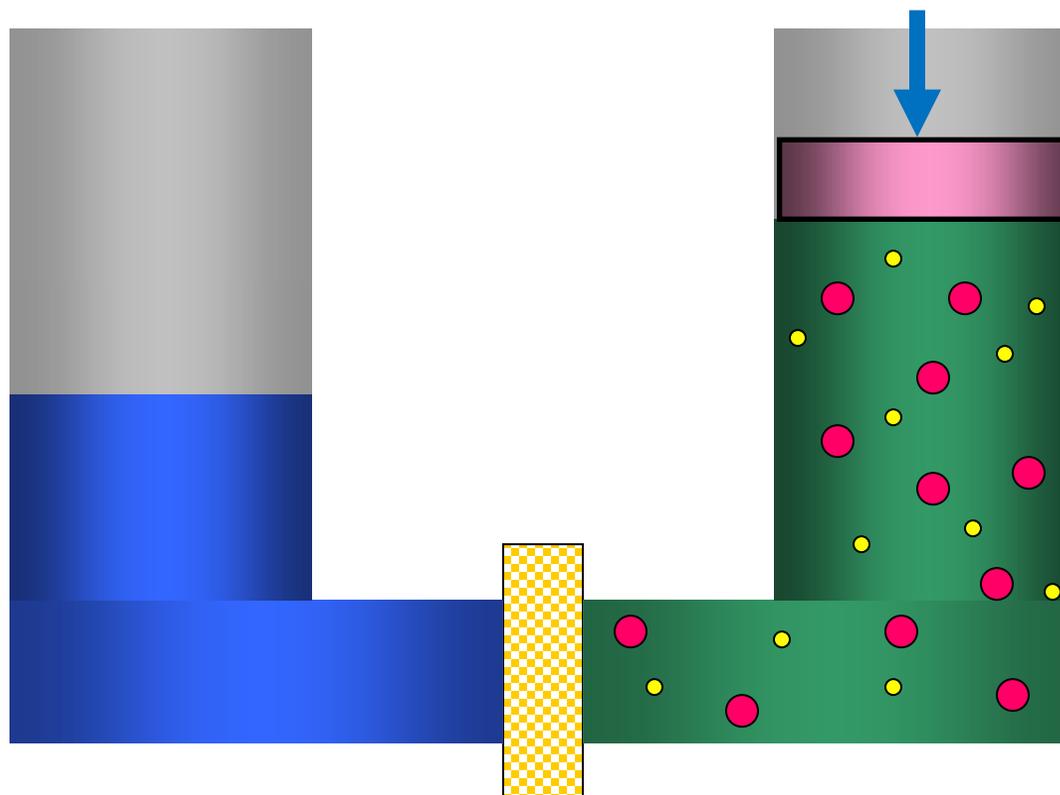
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



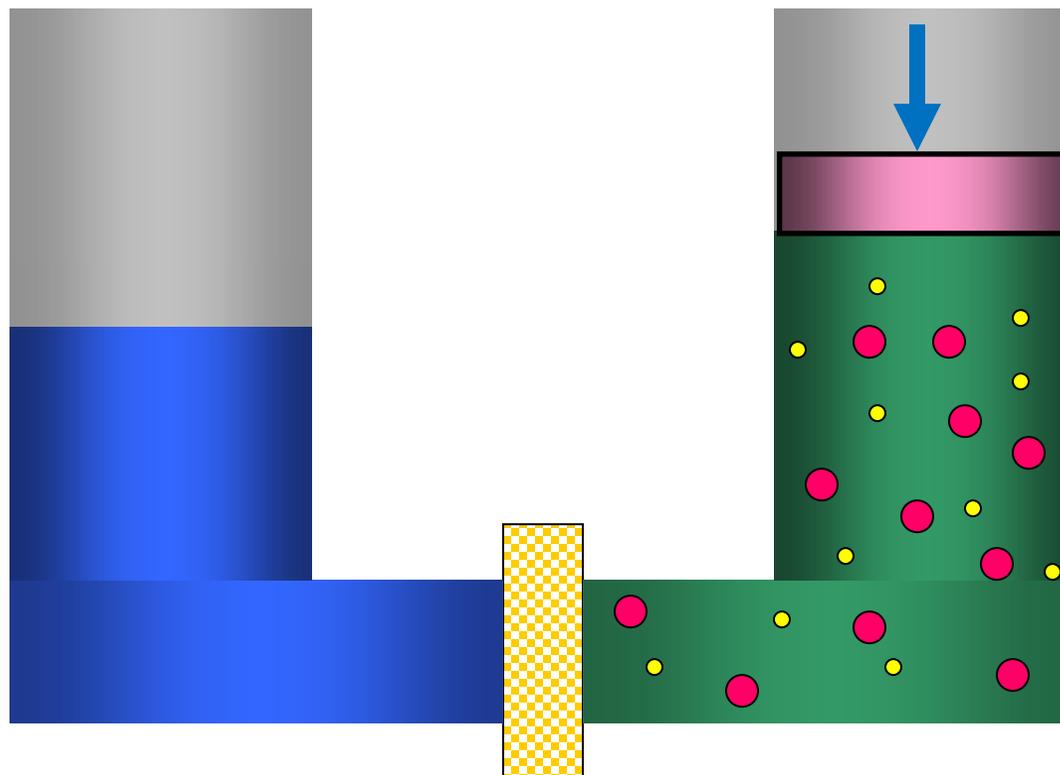
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA

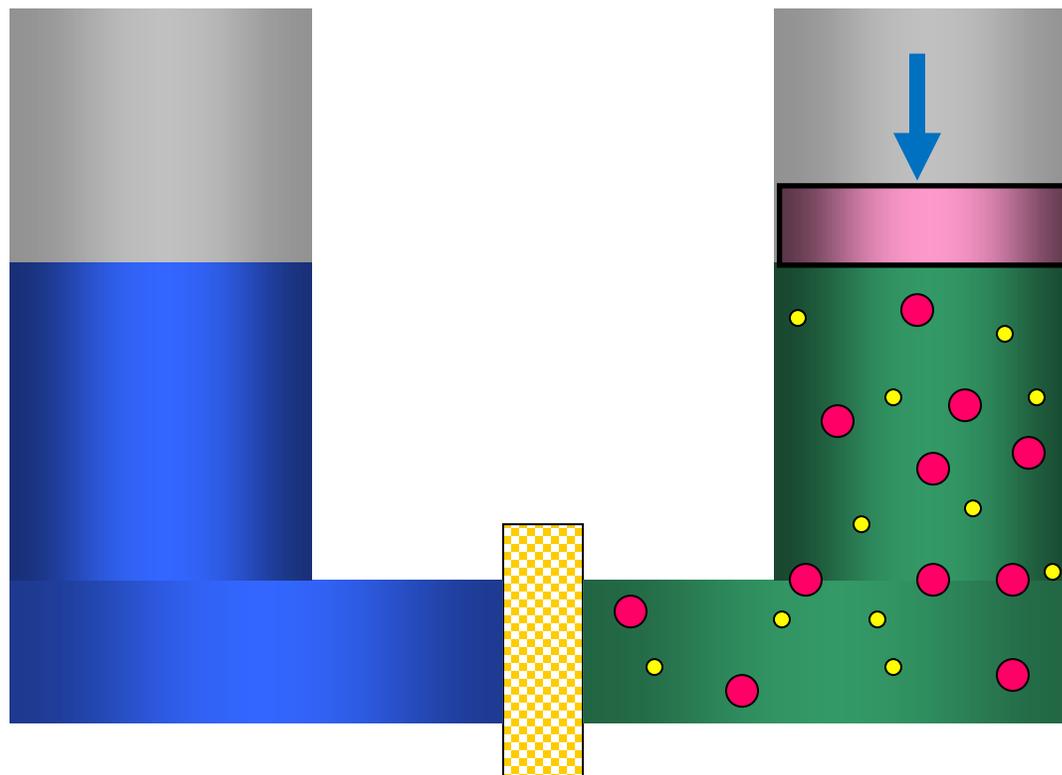


PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA

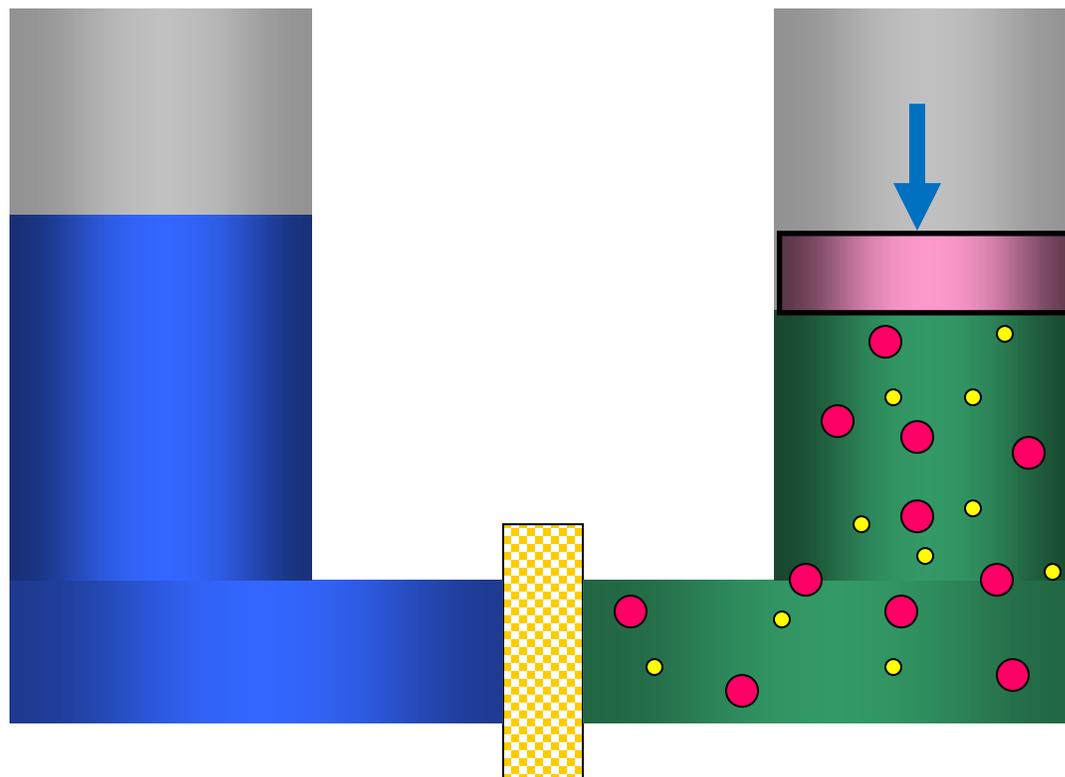


PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA

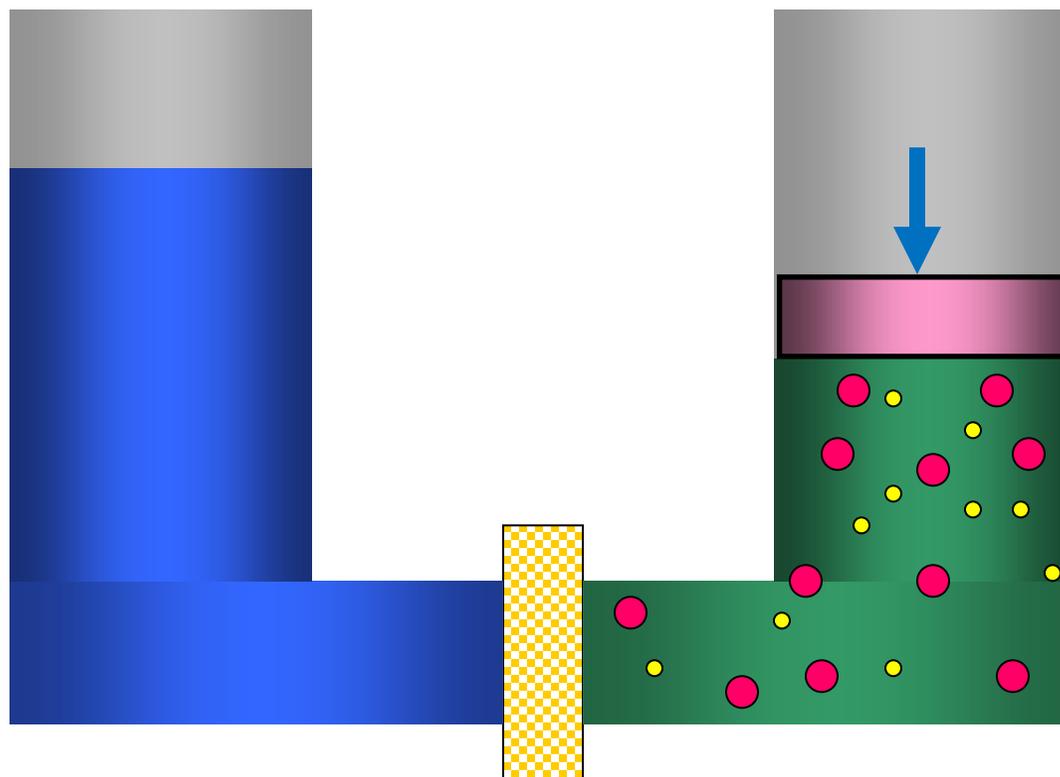
**LA PRESIÓN EJERCIDA
= A LA PRESIÓN
OSMÓSTICA**



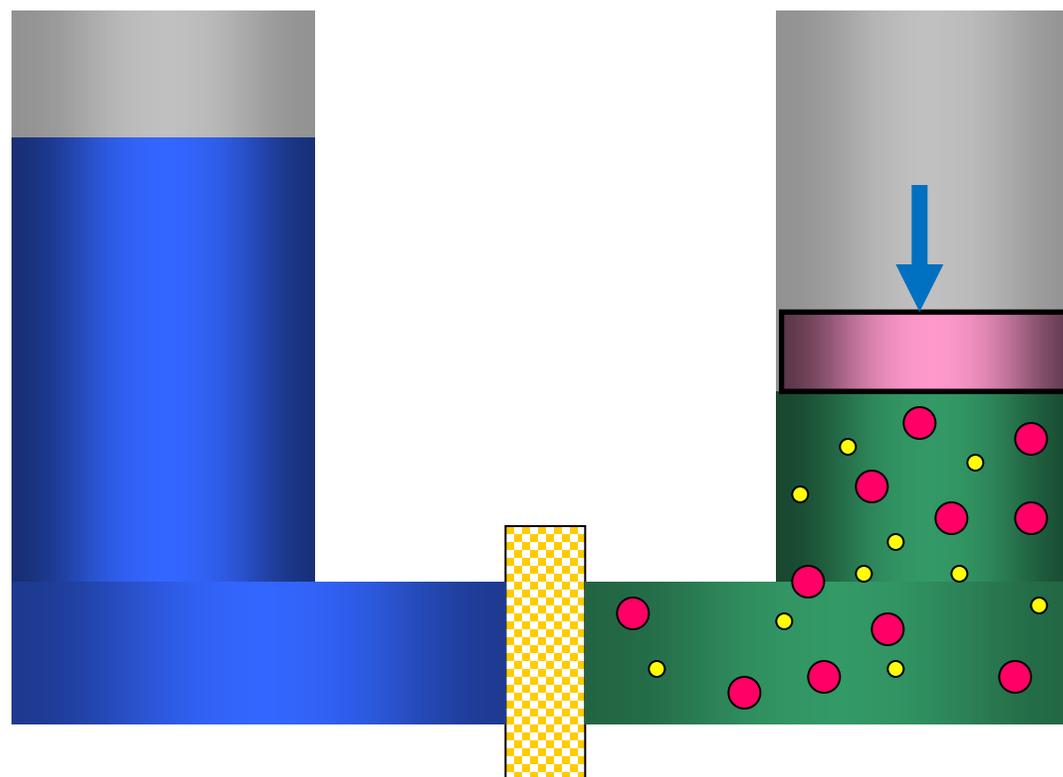
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



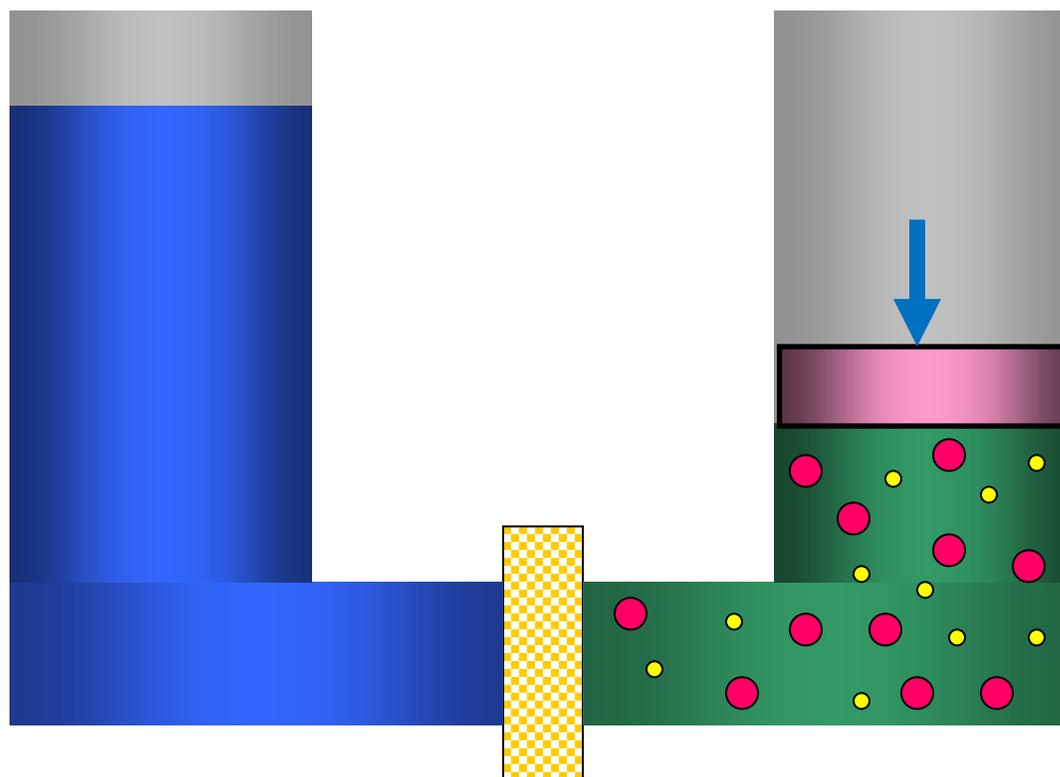
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA

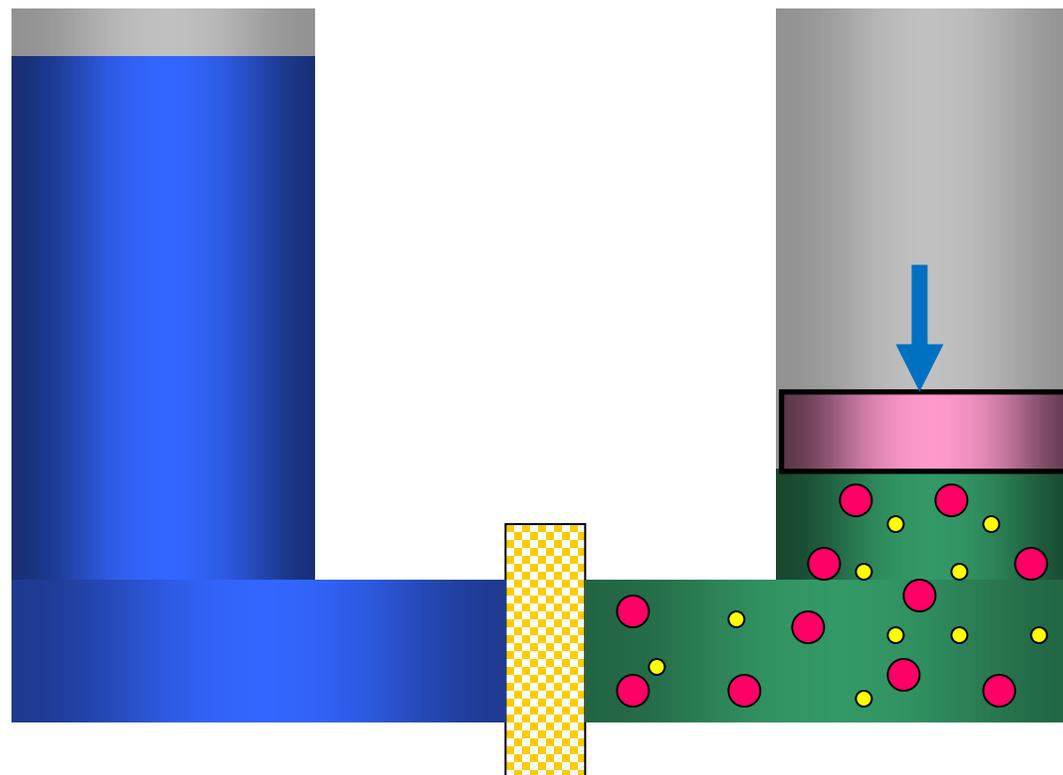


PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA



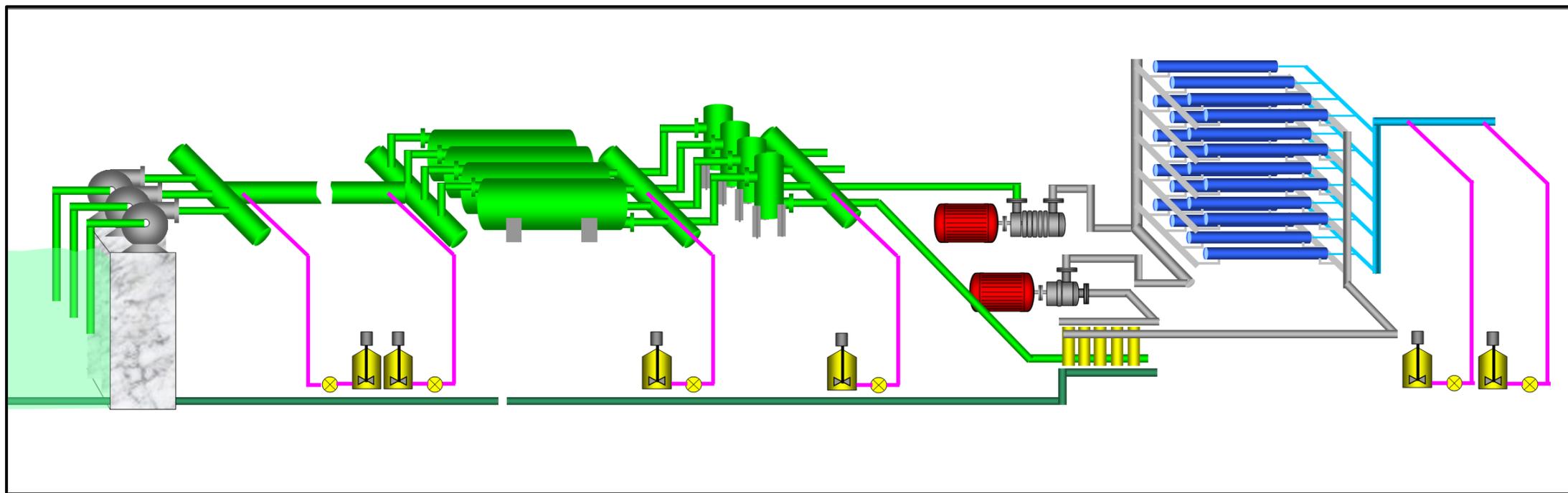
PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA

PRESIÓN EJERCIDA > QUE LA PRESIÓN OSMÓTICA



PRINCIPIO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA

ESQUEMA DE UNA PLANTA



MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA

Por la composición:

Acetato de celulosa

Triacetato de celulosa

Poliamida aromática

Aryl-alkyl poliamida/poliurea

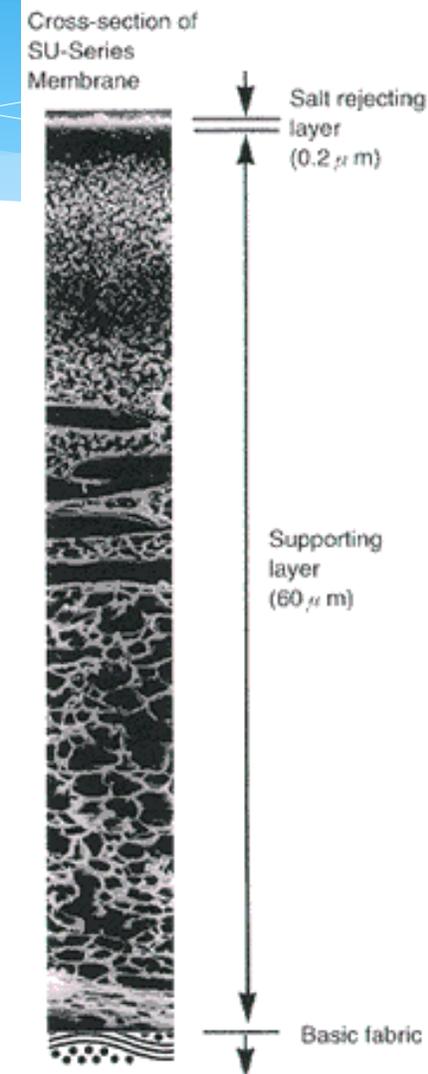
Por la estructura:

Planas

Tubulares

Fibra hueca

Arrollamiento en espiral

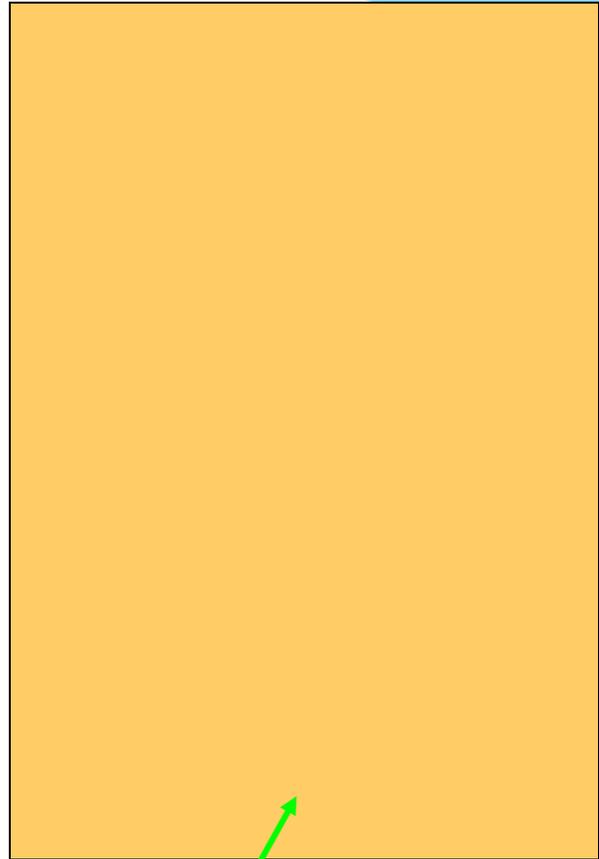




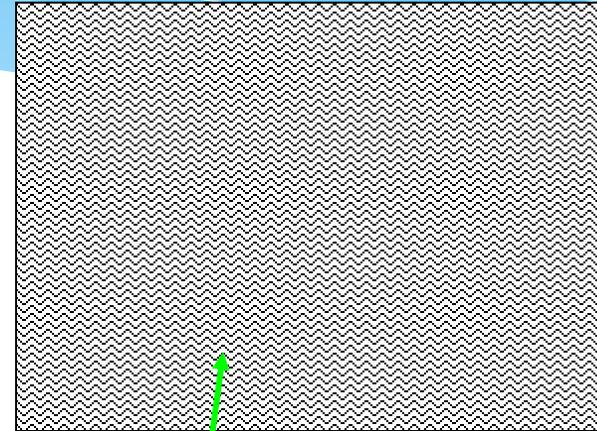
GENERALITAT
VALENCIANA

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA



MEMBRANA SEMIPERMEABLE



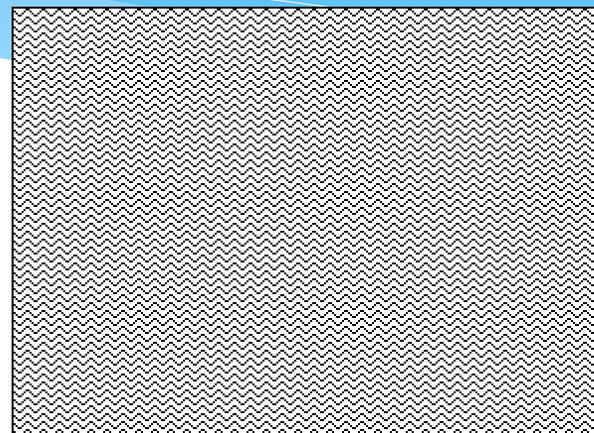
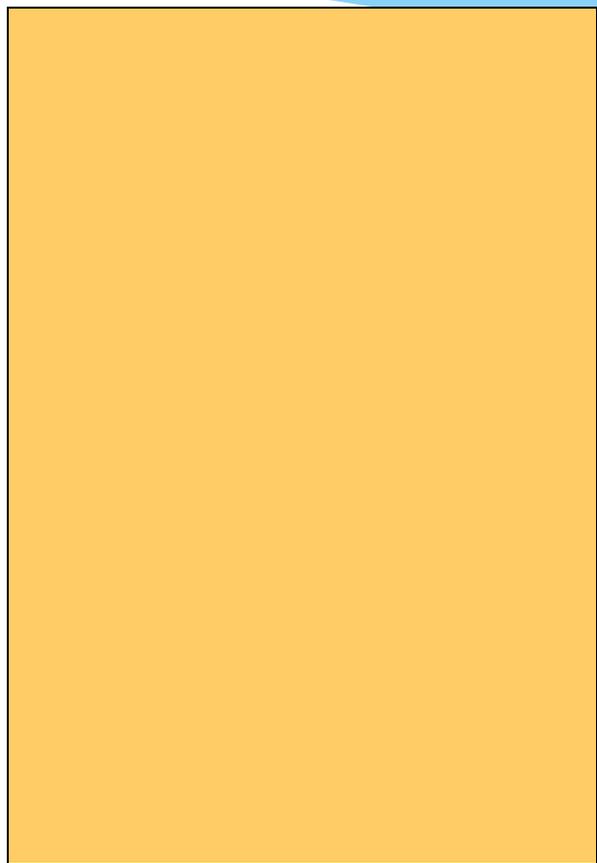
SEPARADOR



**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

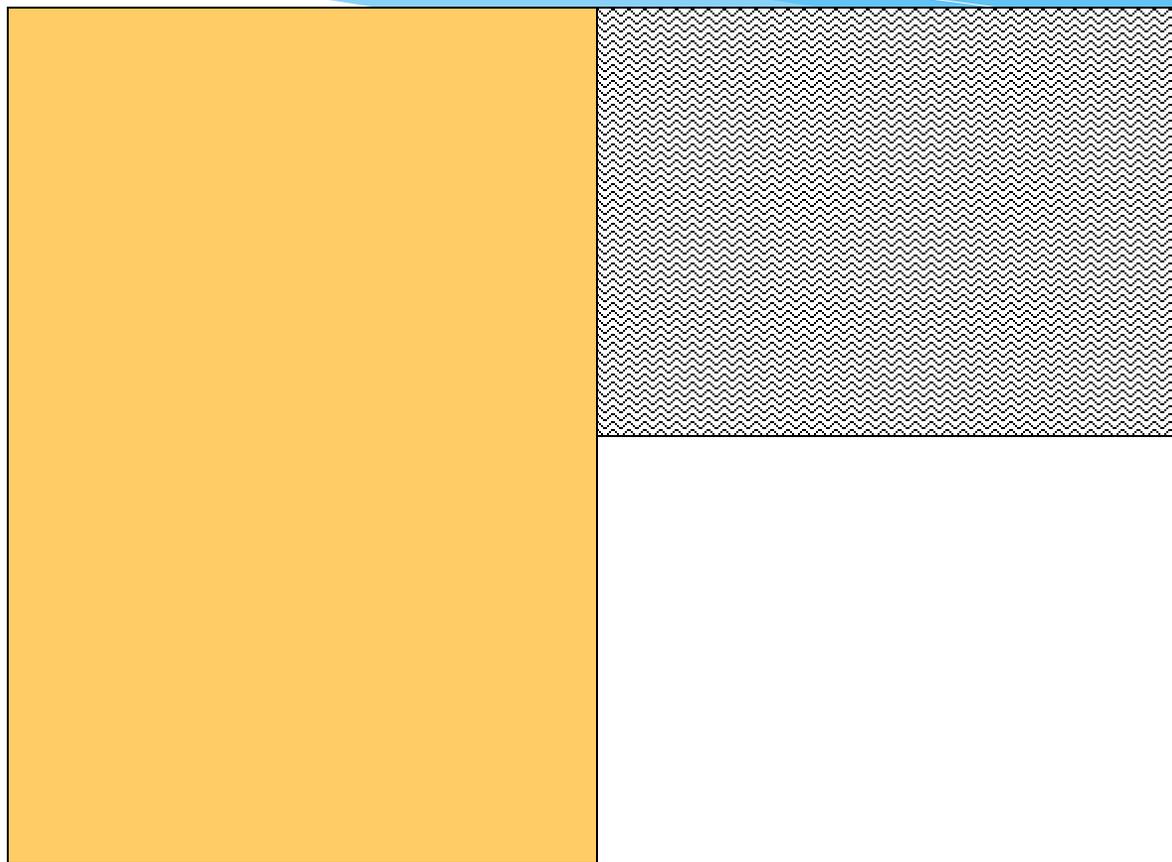




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

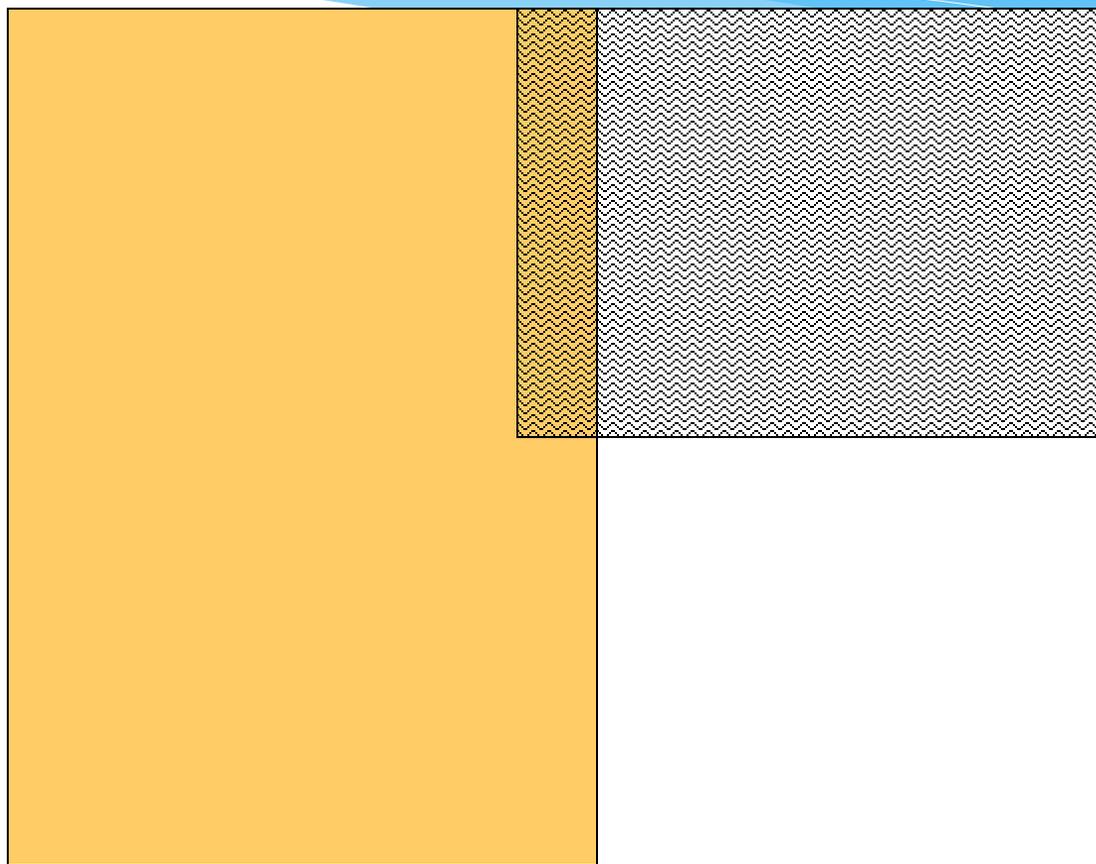




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

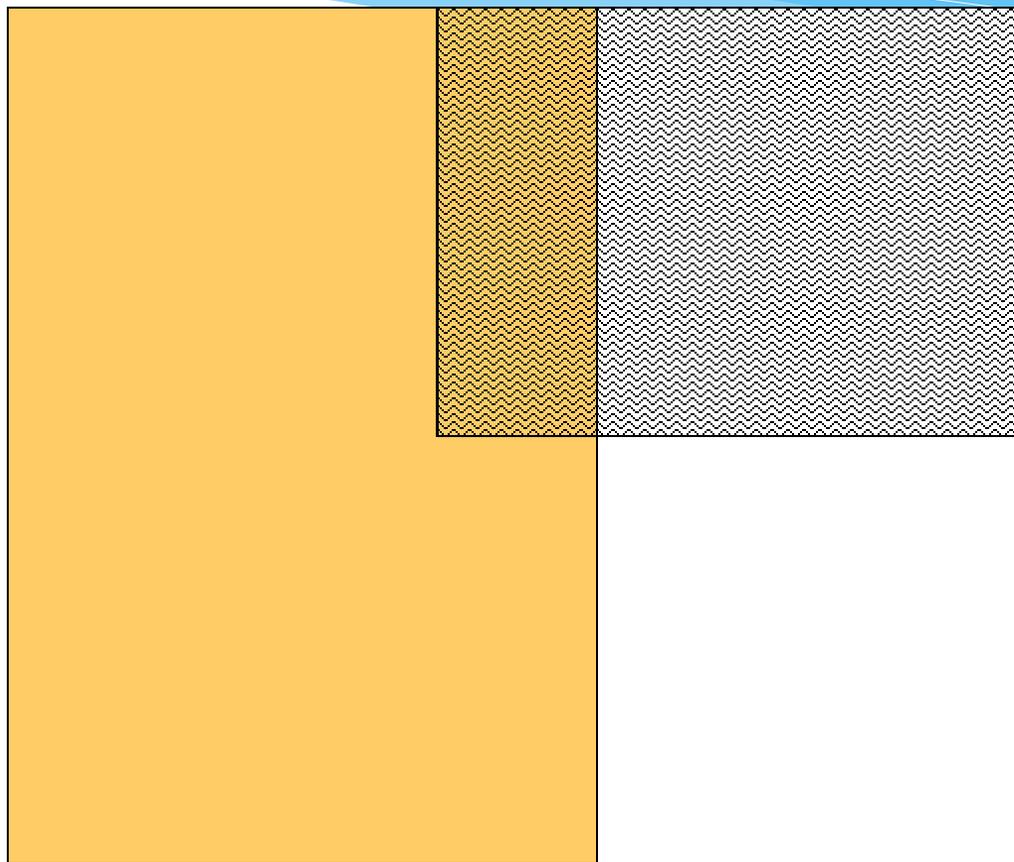




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

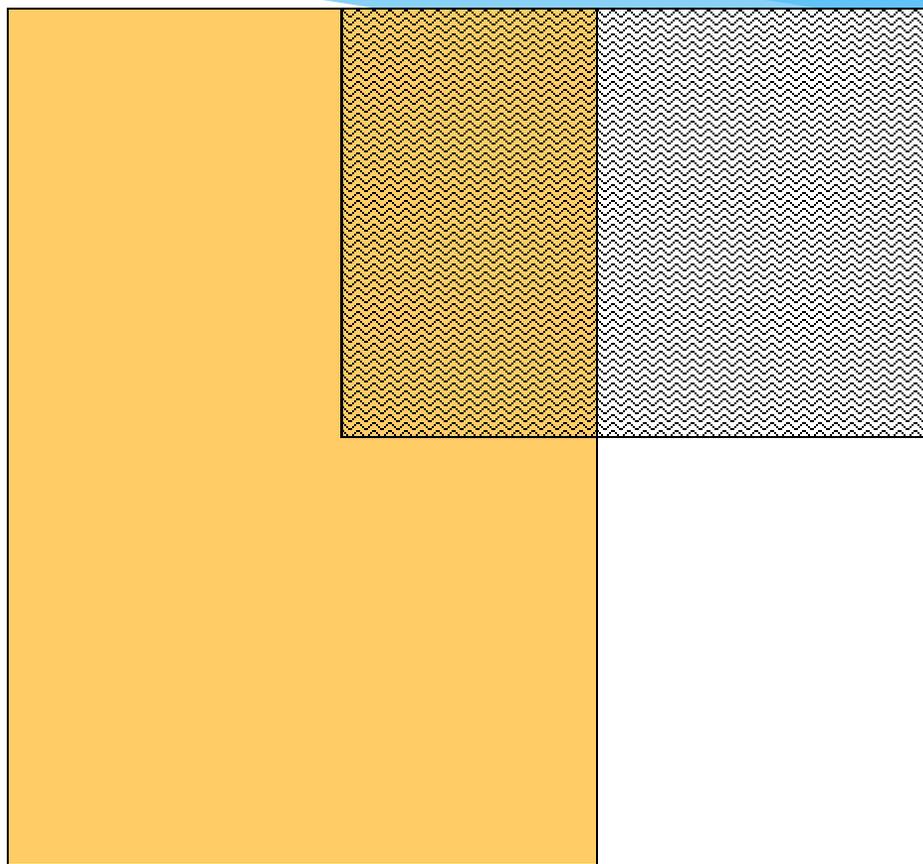




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

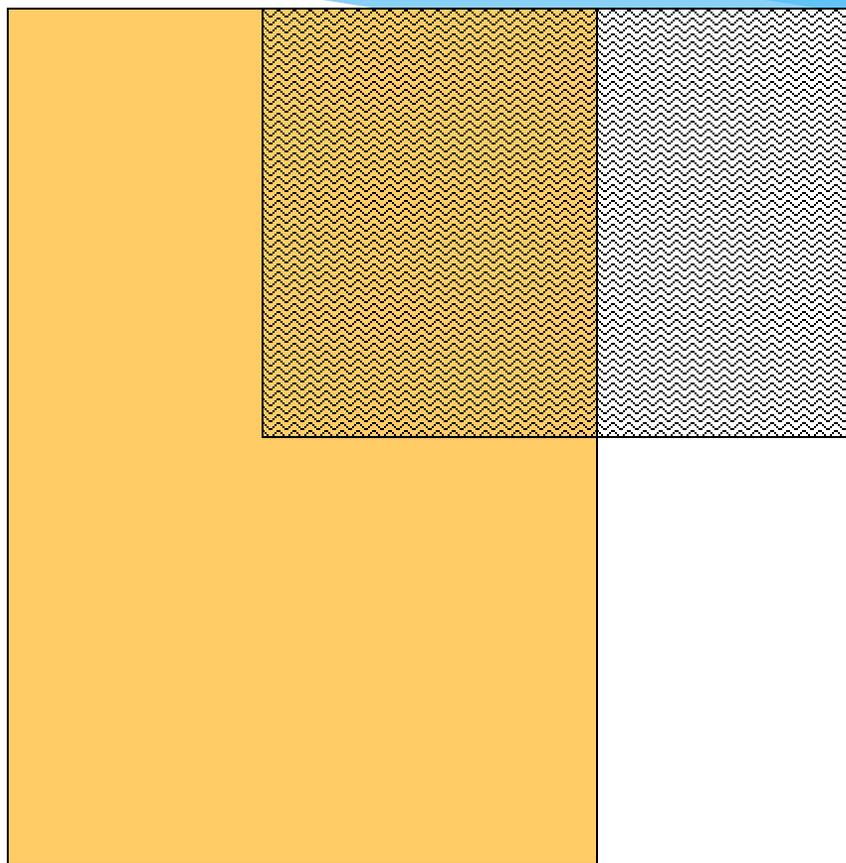




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

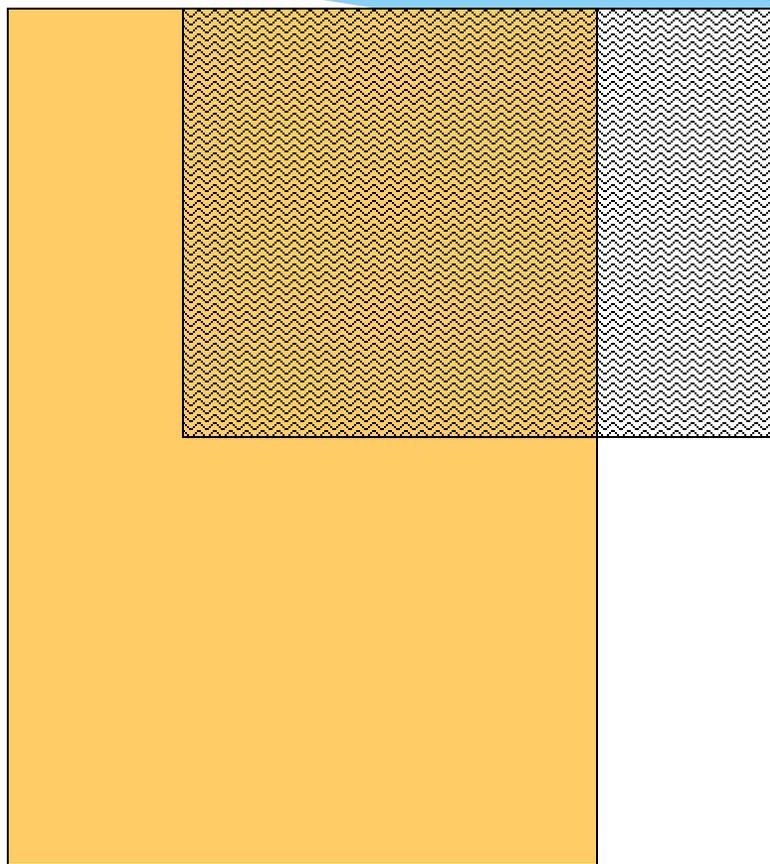




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

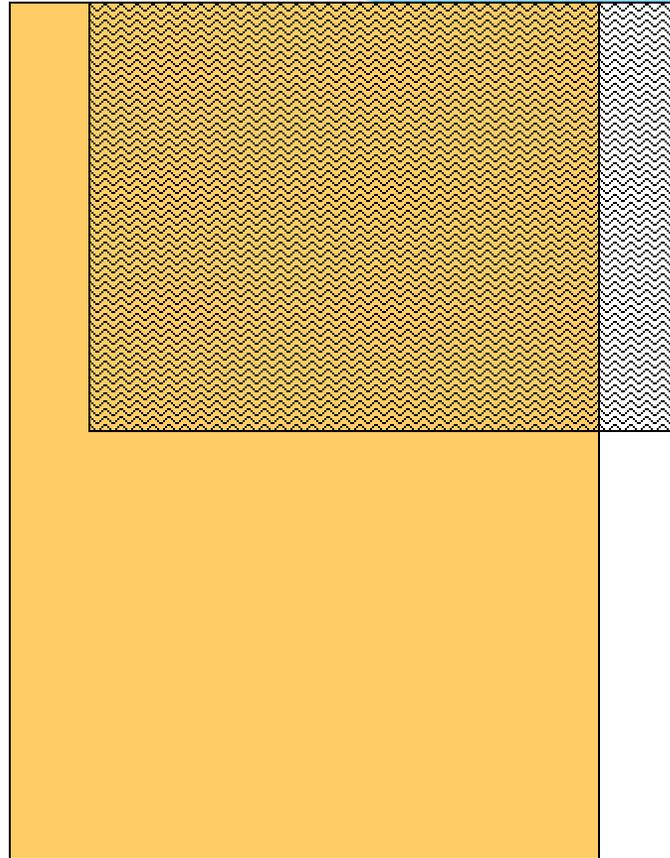




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

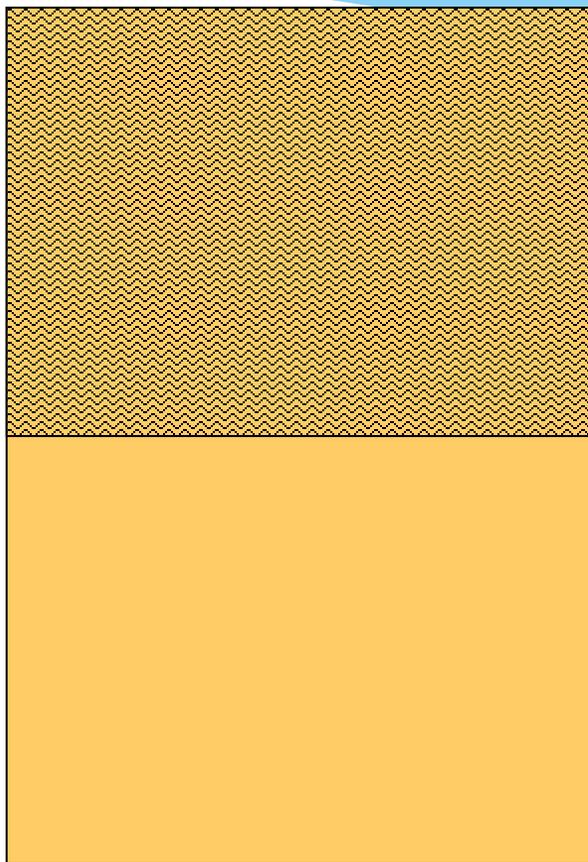




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

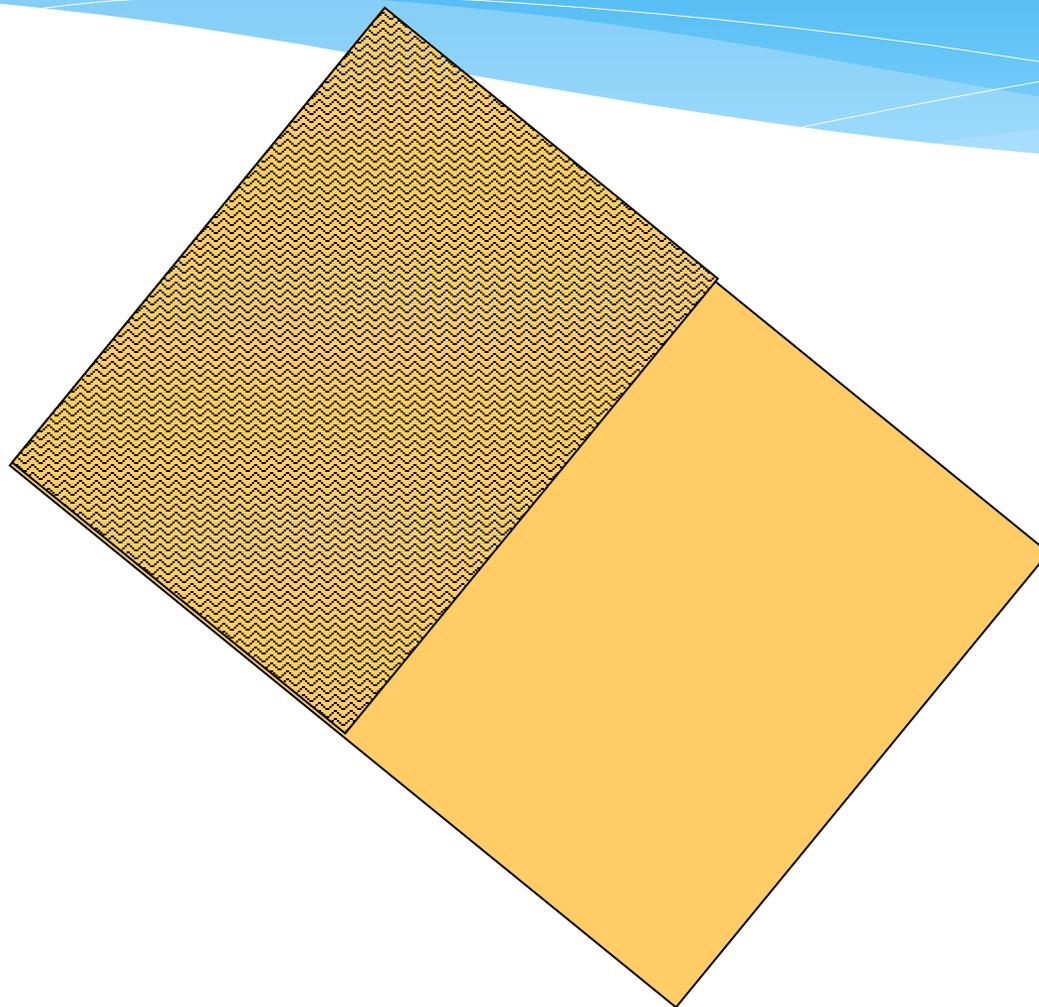




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

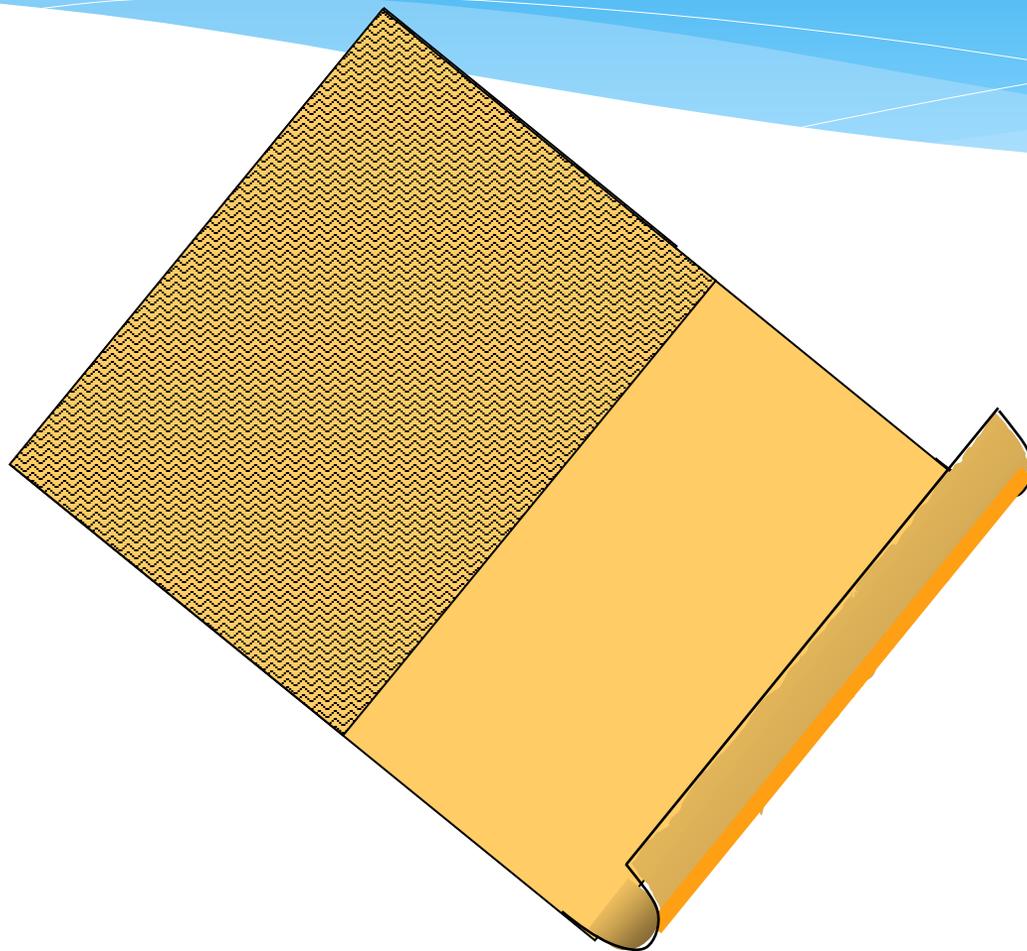




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

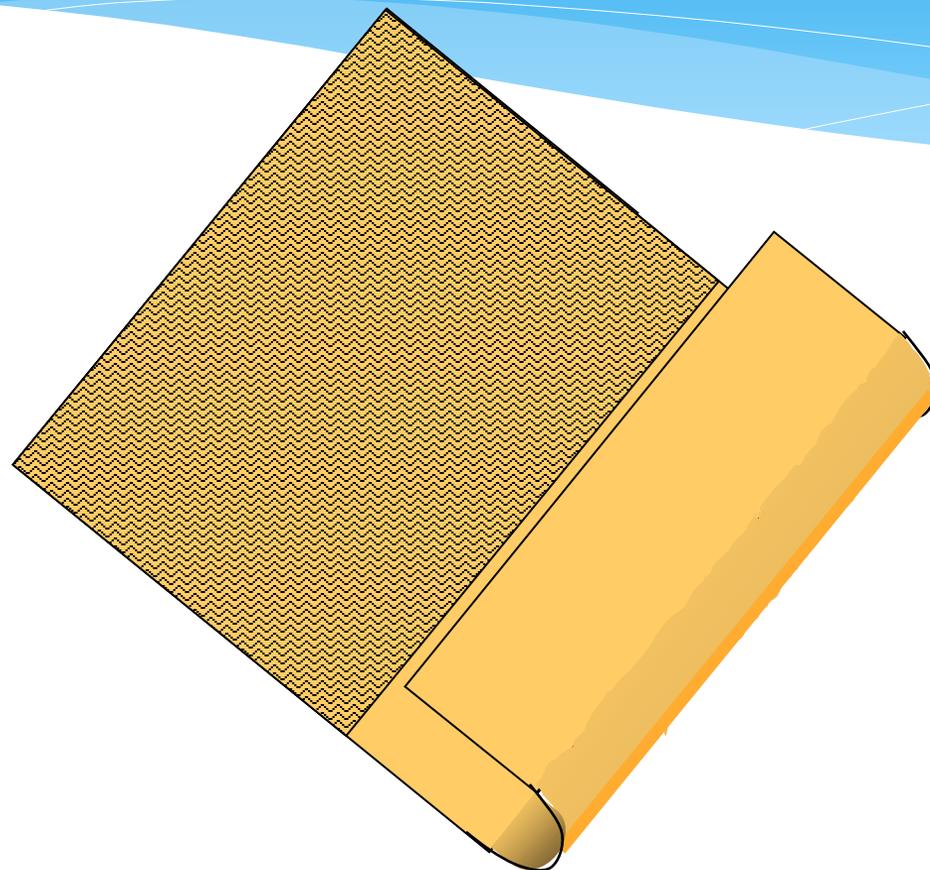




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

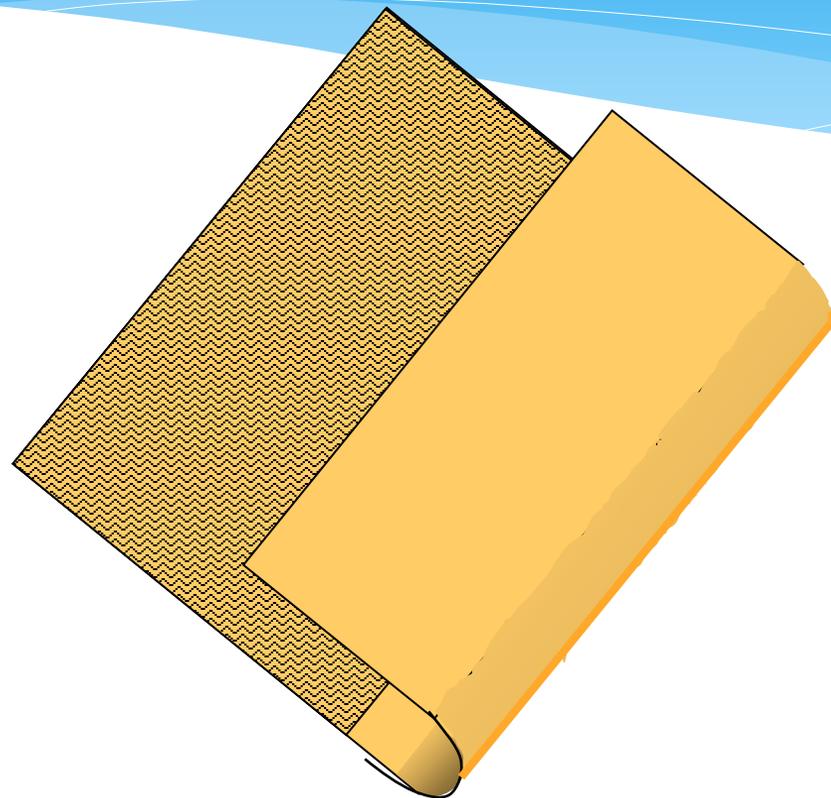




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

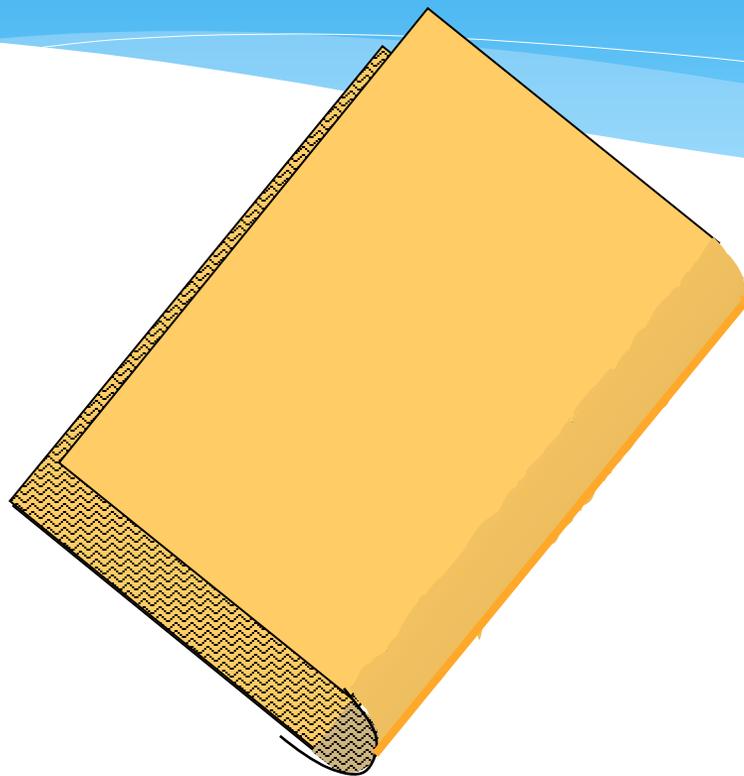




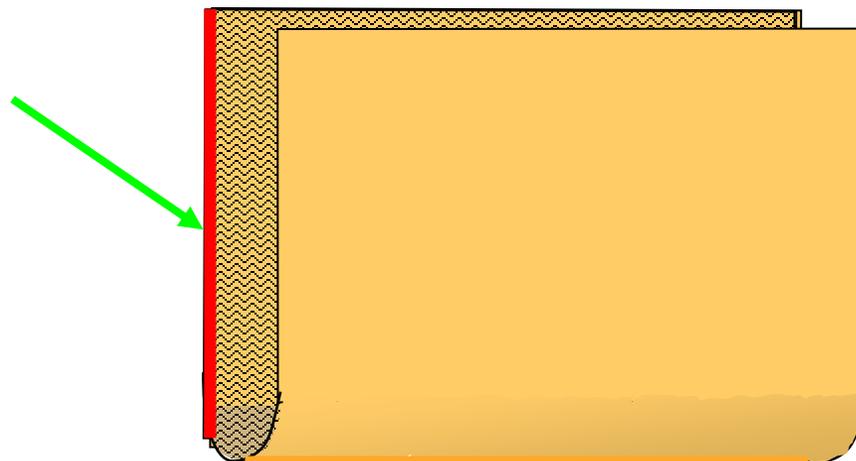
**GENERALITAT
VALENCIANA**

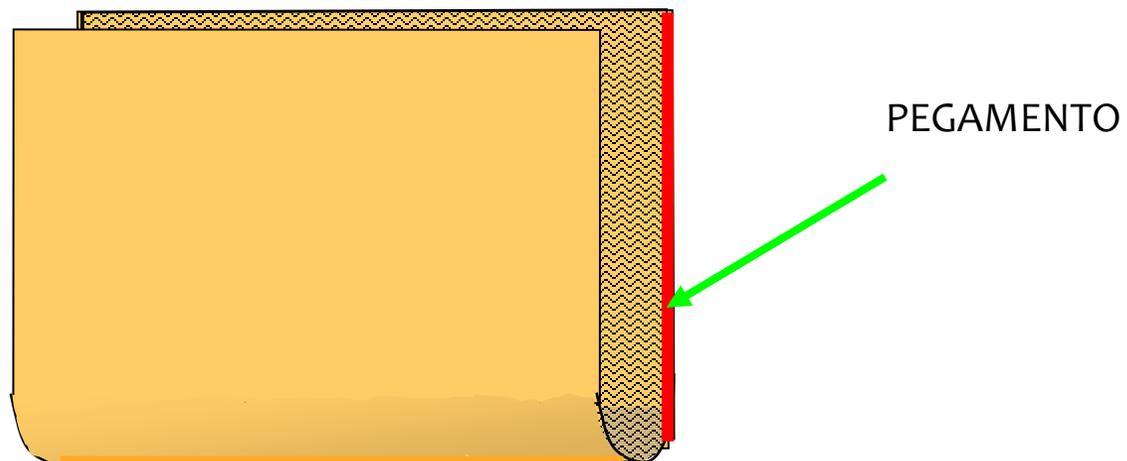
Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA



PEGAMENTO



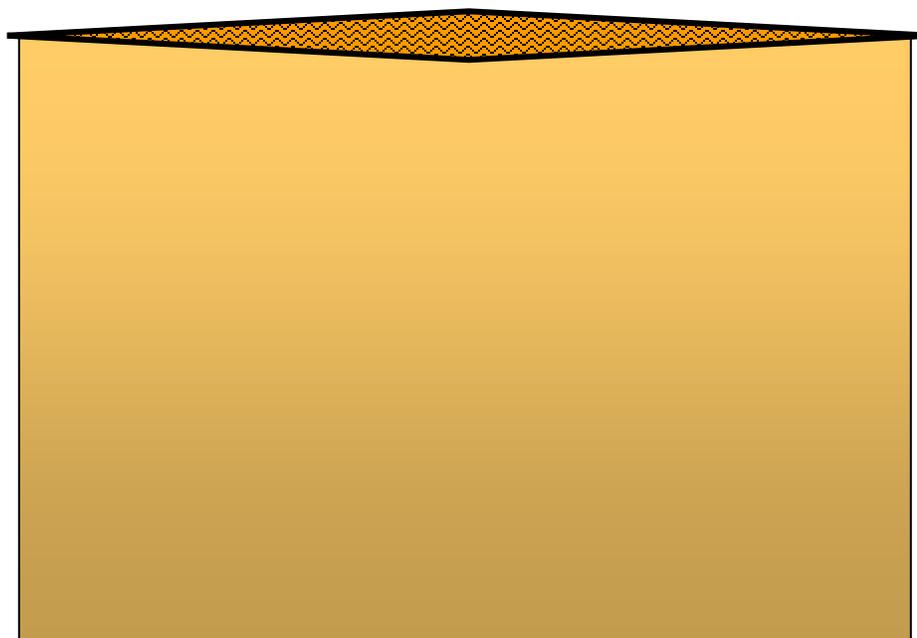




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

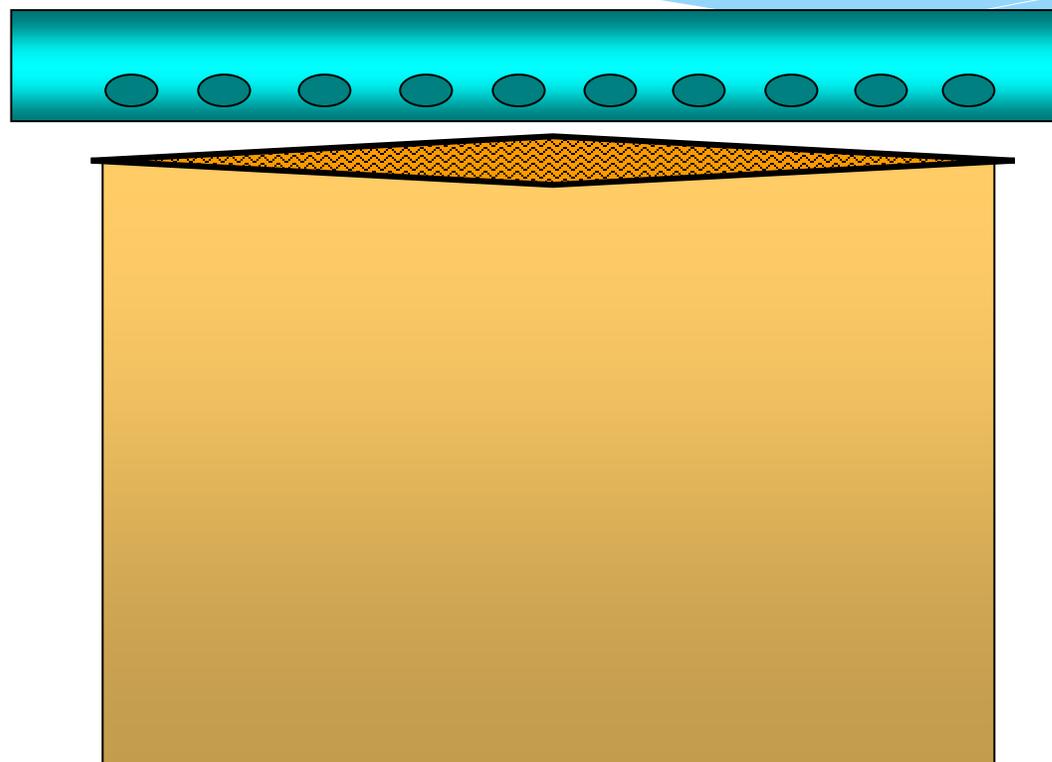




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

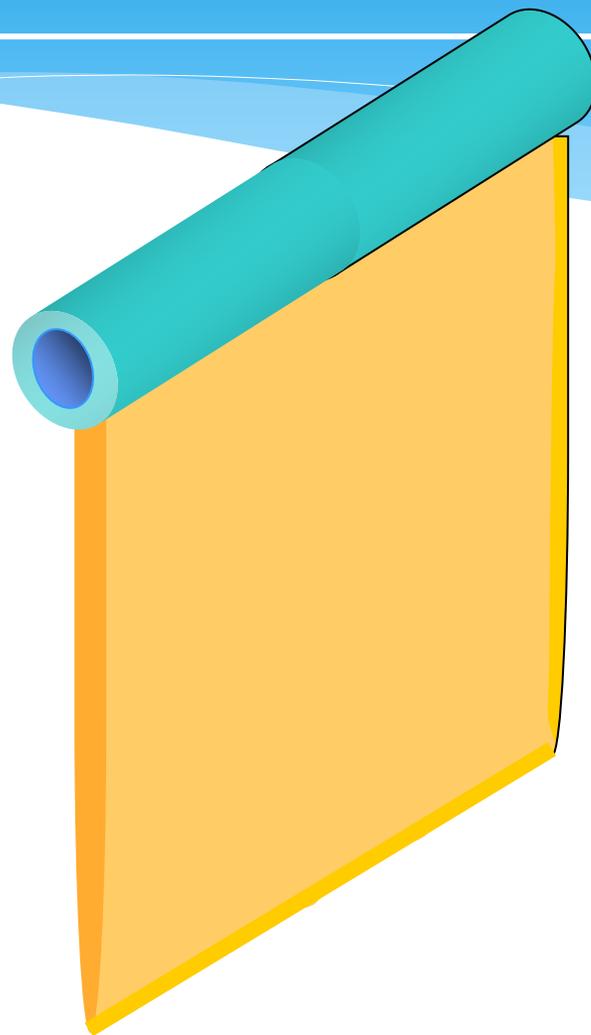


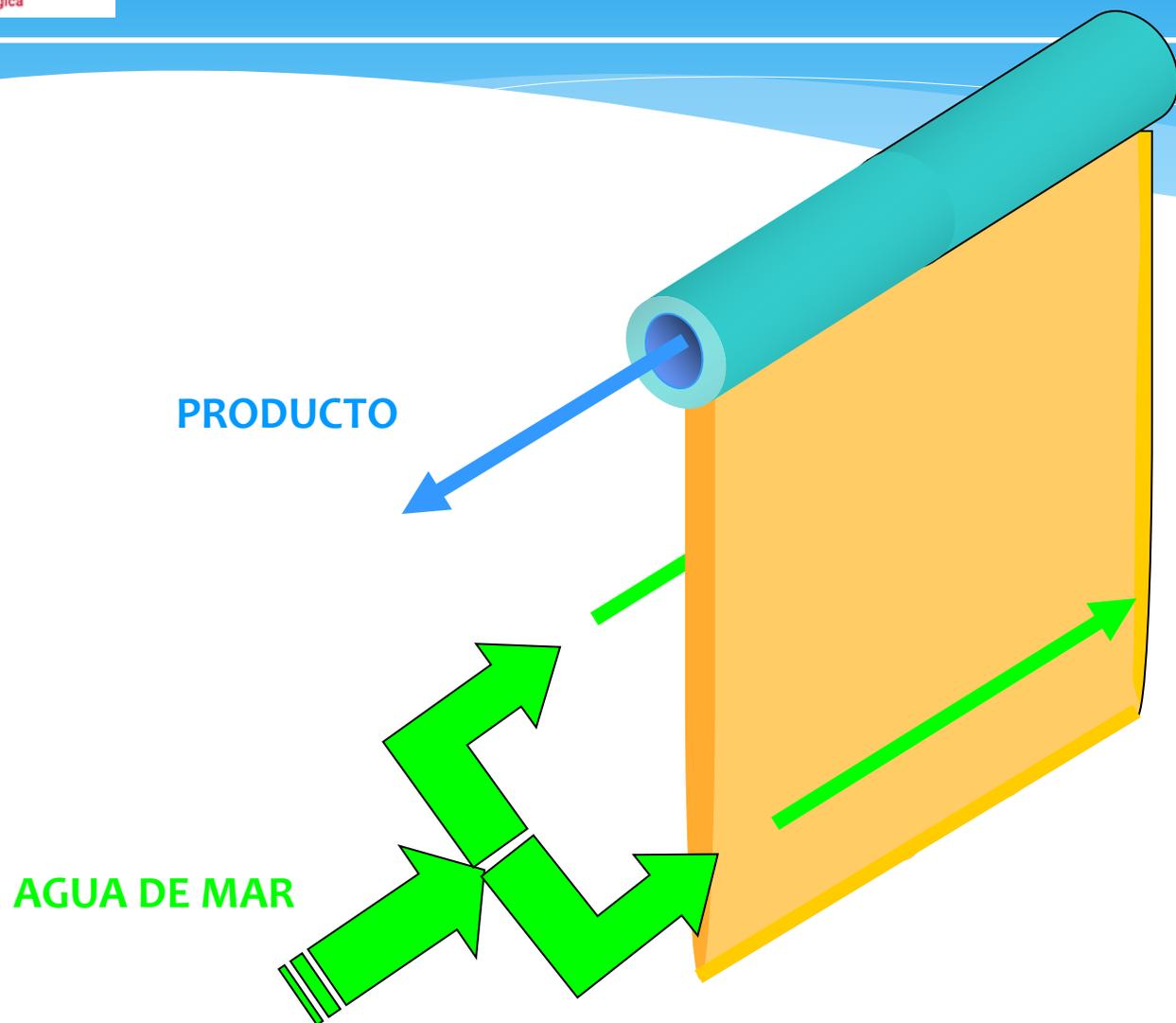


**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA



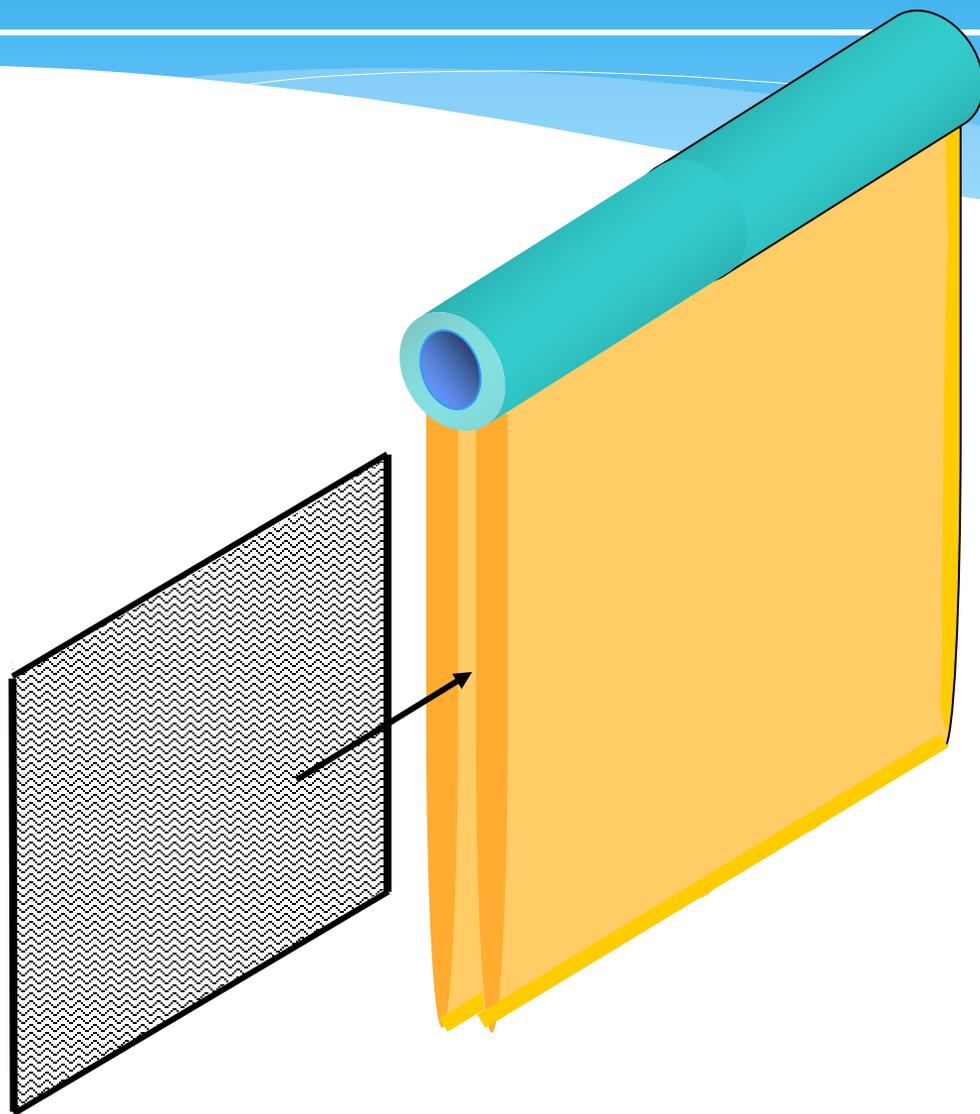




GENERALITAT
VALENCIANA

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

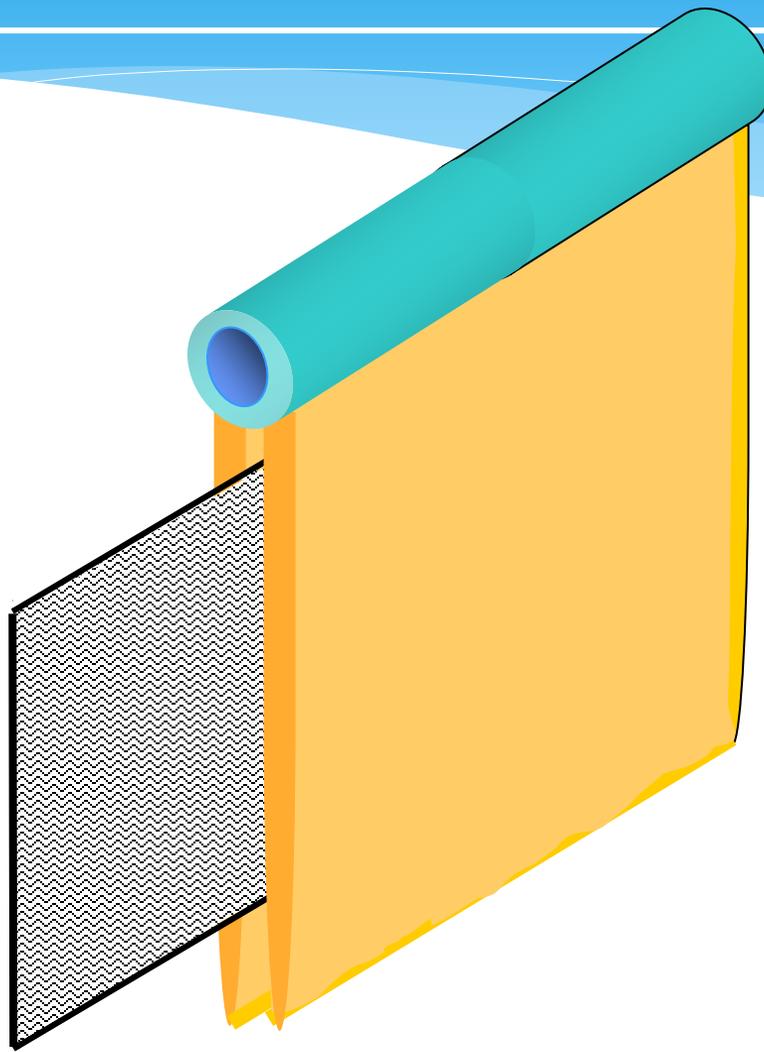




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

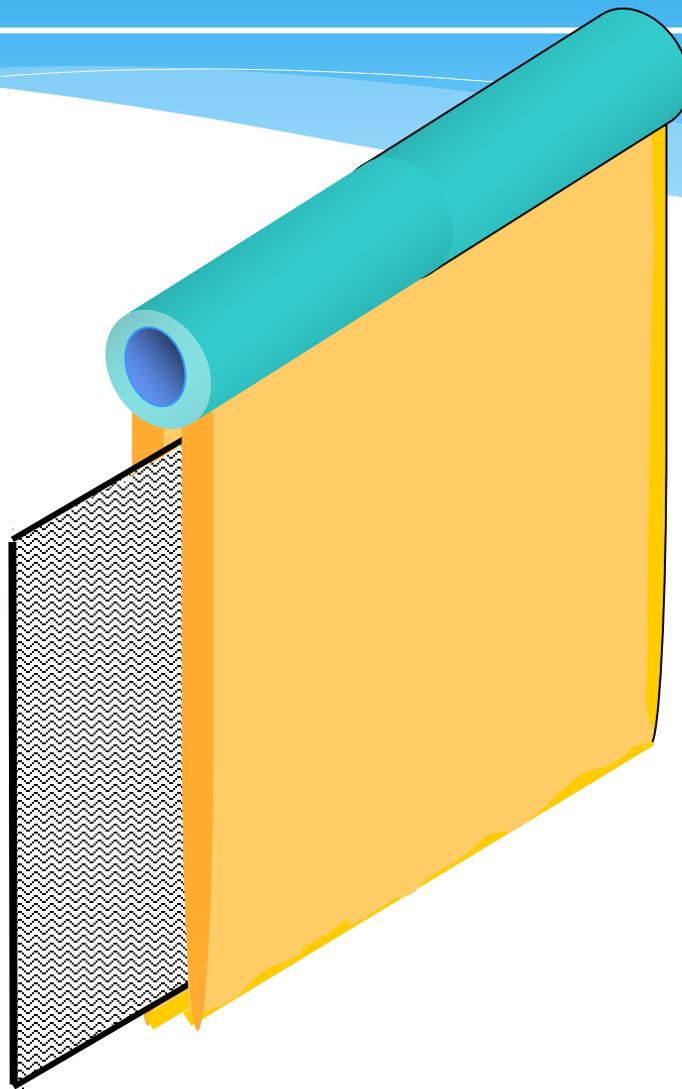




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

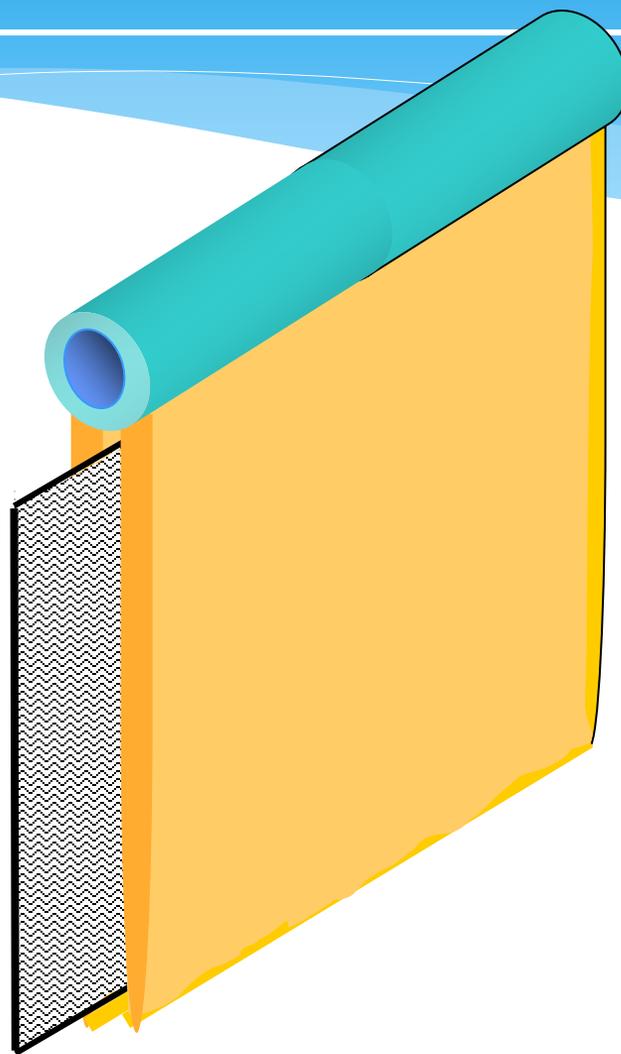




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

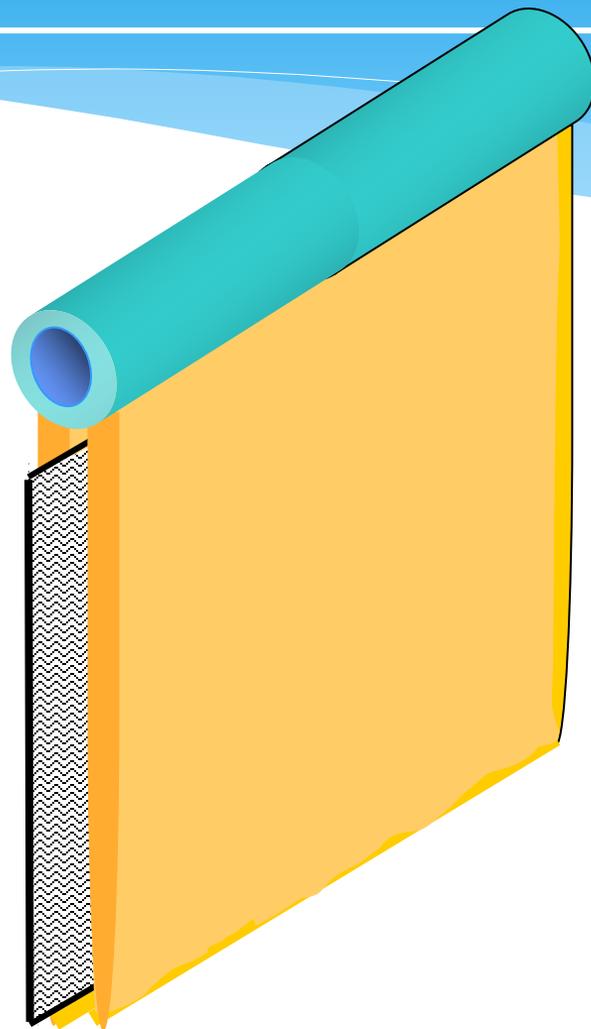




**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

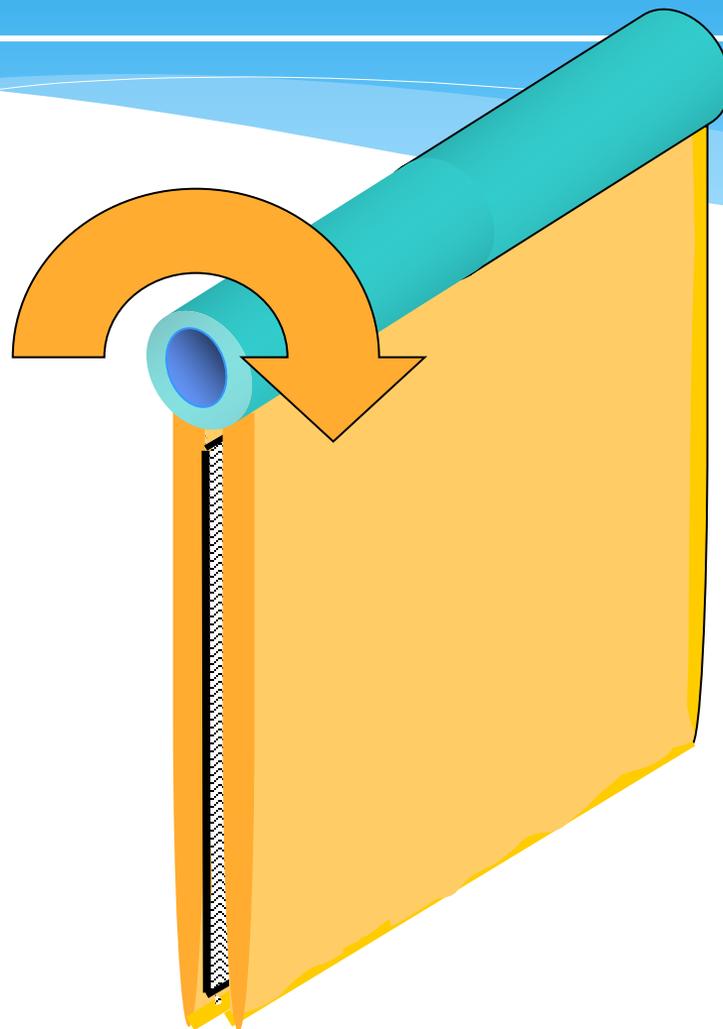




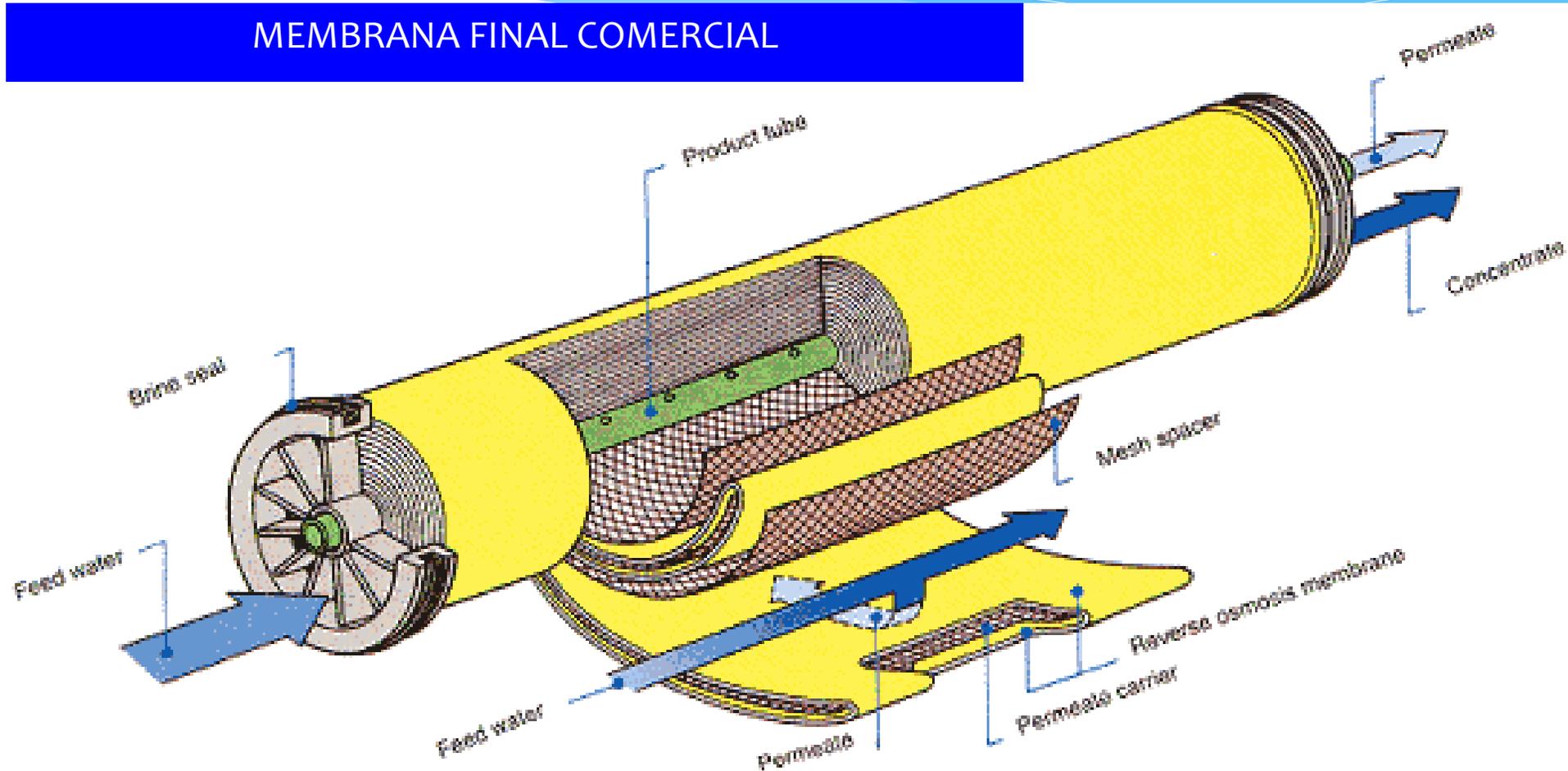
GENERALITAT
VALENCIANA

Conselleria d'Agricultura,
Desenvolupament Rural,
Emergència Climàtica
i Transició Ecològica

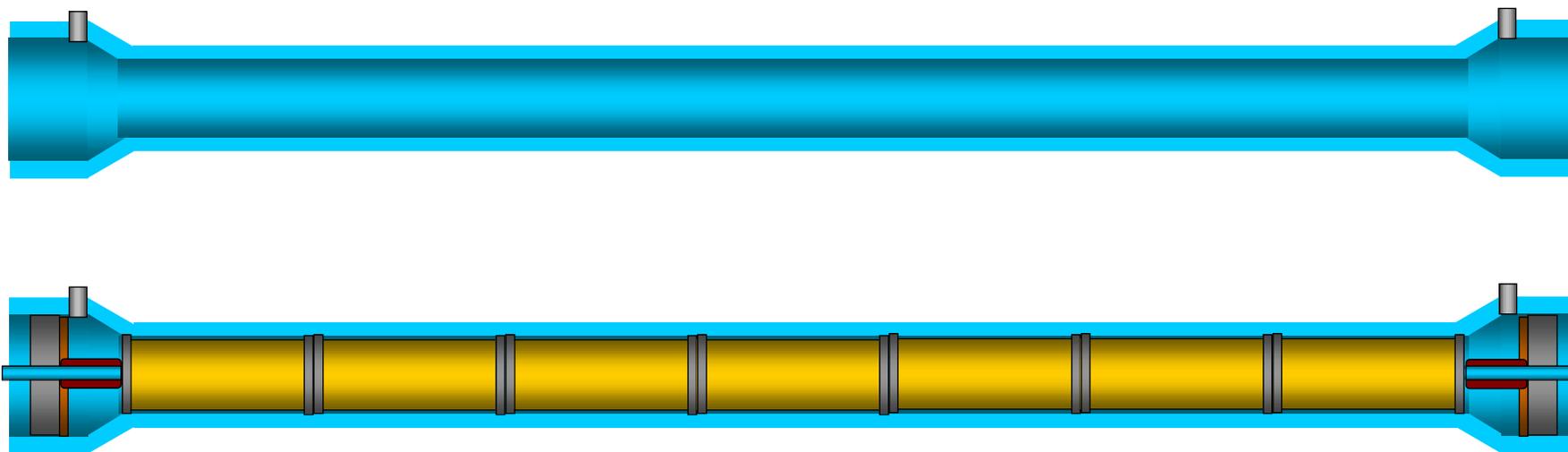
JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA



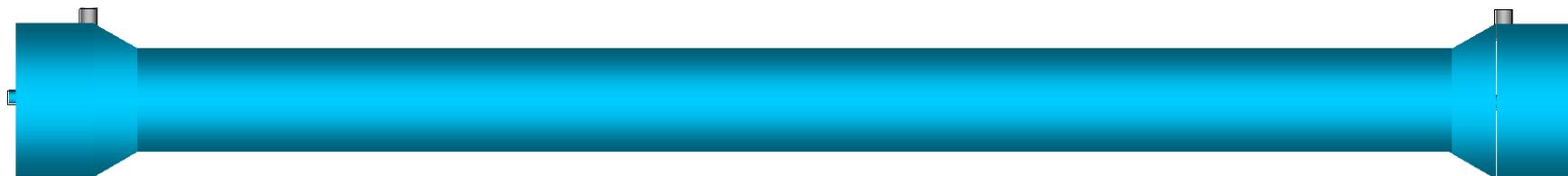
MEMBRANA FINAL COMERCIAL



MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA



MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA



JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA



CONFIGURACIONES DEL BASTIDOR DE OSMOSIS INVERSA

Diseños del bastidor de Osmosis

a) En un paso:

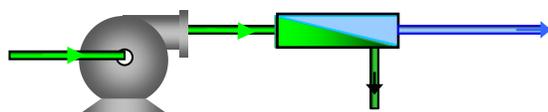


Figura 6.1.- UN PASO UNA ETAPA

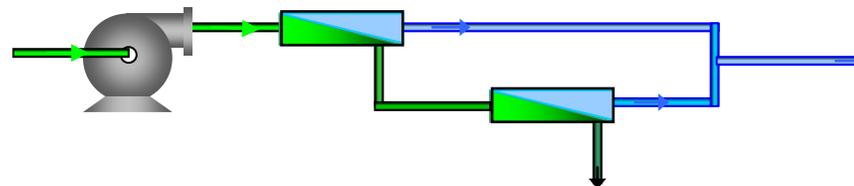


Figura 6.2.- UN PASO DOS ETAPAS

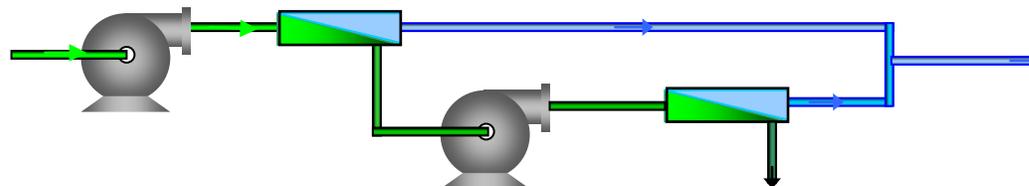


Figura 6.3.- UN PASO Y DOS ETAPAS CON BOOSTER

CONFIGURACIONES DEL BASTIDOR DE OSMOSIS INVERSA

Diseños del bastidor de Osmosis
b) En dos pasos:

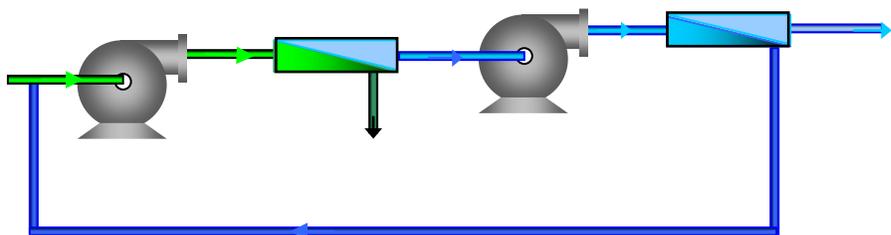


Figura 6.4.- DOBLE PASO TOTAL CON BOMBEO AL 2º PASO

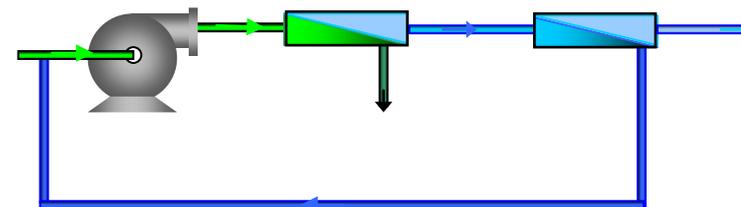


Figura 6.5.- DOBLE PASO TOTAL SIN BOMBA DEL 2º PASO

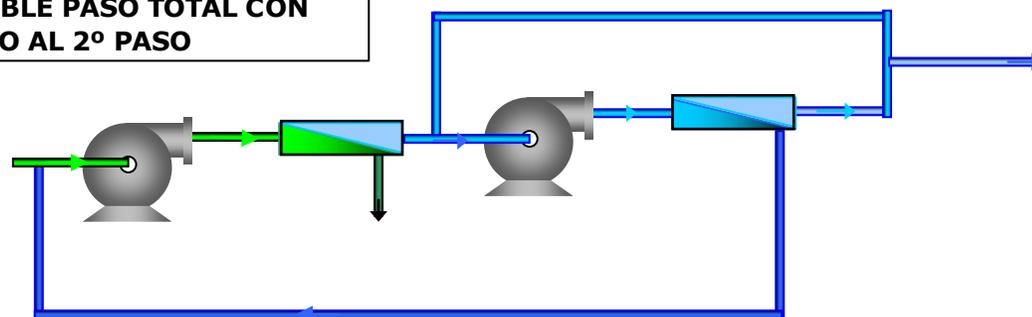
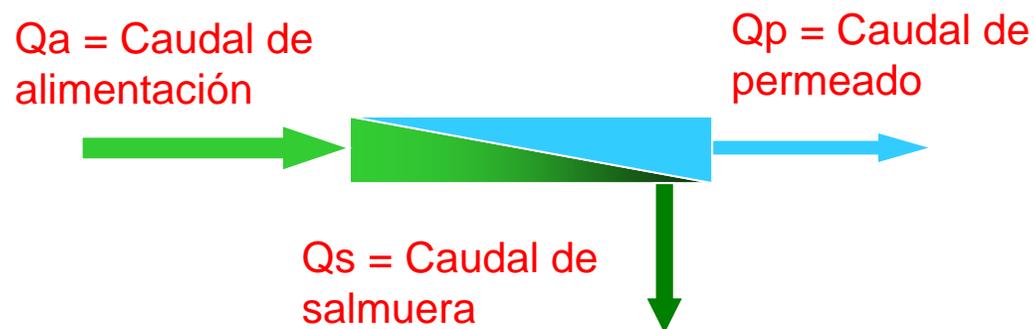


Figura 6.6.- DOBLE PASO PARCIAL CON BOMBEO AL 2º PASO

PARÁMETROS DEL PROCESO

Factor de conversión: Es la relación en tanto por ciento entre el caudal de permeado y el caudal de agua de alimentación a la membranas



$$FC = \frac{Q_p}{Q_{am}}$$

PARÁMETROS DEL PROCESO

Flujo a través de membranas o Flux: Es el caudal de agua que atraviesa la membrana por unidad de tiempo y de superficie. Se mide en l/m²/h, o en unidades inglesas gfd (galones por pie cuadrado y día). Es un equivalente a velocidad de paso a través de la membrana.

$$Flux = \frac{Q_p}{S}$$

Donde:

- Q_p = es el caudal de permeado en L/h
- S = a la superficie de la membranas en m²

PARÁMETROS DEL PROCESO

Rechazo de sales: Es el tanto por ciento de las sales que entran que son rechazadas por la membrana.

$$R = \frac{C_a - C_p}{C_a} \times 100 = \left(1 - \frac{C_p}{C_a} \right) \times 100$$

Donde:

- C_a = es la concentración en sales del agua de alimentación en mg/L
- C_p = es la concentración del agua permeada en mg/L

ECUACIONES DE DISEÑO DE LAS MEMBRANAS

Caudal de permeado: La ecuación que determina este caudal tiene la forma siguiente

$$Q_p = S \times K_1 \times FF \times TCF \times PN$$

Donde:

- Q_p = Caudal de agua permeada en L/h
- S = Superficie de las membranas
- K_1 = Coeficiente de permeabilidad de las membranas (propio de cada fabricante y modelo de membrana)
- FF = Factor de ensuciamiento
- TCF = Factor de corrección por temperatura
- PN = Presión neta en la membrana

ECUACIONES DE DISEÑO DE LAS MEMBRANAS

Paso de sales: La ecuación que determina la cantidad de sales que pasan de la alimentación al permeado tiene la forma siguiente

$$N = S \times TFC \times K_2 \times (C_s - C_p)$$

Donde:

- N = Paso de sales desde la alimentación al permeado en kg/h
- S = Superficie de las membranas
- TFC = Factor de corrección por temperatura
- K_2 = Coeficiente de permeabilidad de las membranas (paso de sales)
- C_s = Concentración de sales en la salmuera de rechazo en mg/L
- C_p = Concentración de sales en el agua permeada en mg/L

PARÁMETROS LIMITANTES

Factor de conversión:

El valor máximo viene determinado por la composición iónica del agua de alimentación. Esta se podrá concentrar hasta que empiecen a precipitar las sales, considerando el efecto del producto dispersante seleccionado.

Concentración en el agua de Rechazo:

Este parámetro está directamente relacionado con el Factor de conversión, ya que este fijará el valor de C_s , ver ecuación siguiente

$$Q_a \times C_a = Q_p \times C_p + Q_s \times C_s = Q_p \times C_p + (Q_a - Q_p) \times C_s$$

Si adoptamos como $C_p = 0$ tendremos:

$$C_s = C_a \times \frac{Q_a}{Q_a - Q_p} = C_a \times \frac{1}{1 - FC}$$

PARÁMETROS LIMITANTES

- **Calidad del agua de entrada (SDI-15)**
- **Flux o Flujo**
- **Caudal máximo de alimentación a la membrana**
- **Caudal mínimo de rechazo de la membrana**
- **Conversión máxima por membrana**
- **Pérdida de carga en membrana y en tubo de presión**

Todos estos parámetros están limitados por el fabricante de membranas en función del material, tipo y modelo de la membrana seleccionada

PARÁMETROS LIMITANTES

TIPO DE MEMBRANA	DOSIS DE CLORO	DEGRADACIÓN BACTERIANA	TEMPERATURA	pH
	ppm.		°C	
ACETATO O TRIACETATO DE CELULOSA	0,3 a 1	SI	1 a 35	5 a 6
POLIAMIDA AROMATICA	< 0,1	NO	1 a 45	4 a 10

Design Guidelines for 8-inch FILMTEC Elements in Water Treatment Applications

Feed source	RO Permeate	Well Water	Surface Supply		Wastewater (Filtered Municipal Effluent)		Seawater	
			SDI < 3	SDI < 5	MF ¹	Conventional	Well or MF ¹	Open intake
Feed silt density index	SDI < 1	SDI < 3	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5
Average gfd	21-25	16-20	13-17	12-16	10-14	8-12	8-12	7-10
system flux l/m ² h	36-43	27-34	22-29	20-27	17-24	14-20	13-20	11-17
Maximum element recovery %	30	19	17	15	14	12	15	13

Active Membrane Area	Maximum permeate flow rate, gpd (m ³ /d)							
	320 ft ² elements	9,000 (34)	7,500 (28)	6,500 (25)	5,900 (22)	5,300 (20)	4,700 (18)	6,700 (25)
365 ft ² elements	10,000 (38)	8,300 (31)	7,200 (27)	6,500 (25)	5,900 (22)	5,200 (20)		
380 ft ² elements	10,600 (40)	8,600 (33)	7,500 (28)	6,800 (26)	5,900 (22)	5,200 (20)	7,900 (30)	7,200 (27)
390 ft ² elements	10,600 (40)	8,900 (34)	7,700 (29)	7,000 (26)	6,300 (24)	5,500 (21)		
400 ft ² elements	11,000 (42)	9,100 (34)	7,900 (30)	7,200 (27)	6,400 (24)	5,700 (22)		
440 ft ² elements	12,000 (45)	10,000 (38)	8,700 (33)	7,900 (30)	7,100 (27)	6,300 (24)		

Element type	Minimum concentrate flow rate ² , gpm (m ³ /h)							
	BW elements (365 ft ²)	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	16 (3.6)	18 (4.1)	
BW elements (400 ft ² and 440 ft ²)	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	18 (4.1)	20 (4.6)		
NF elements	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	18 (4.1)	18 (4.1)		
Full-fit elements	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)		
SW elements	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	16 (3.6)	18 (4.1)	13 (3.0)	15 (3.4)

Element type	Active area ft ² (m ²)	Maximum feed flow rate ² , gpm (m ³ /h)							
		BW elements	365 (33.9)	65 (15)	65 (15)	63 (14)	58 (13)	52 (12)	52 (12)
BW or NF elements	400 (37.2)	75 (17)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61 (14)	61 (14)		
BW elements	440 (40.9)	75 (17)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61 (14)	61 (14)		
Full-fit elements	390 (36.2)	85 (19)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61 (14)	61 (14)		
SW elements	320 (29.7)	65 (15)	65 (15)	63 (14)	58 (13)	52 (12)	52 (12)	63 (14)	56 (13)
SW elements	380 (35.3)	72 (16)	72 (16)	70 (16)	64 (15)	58 (13)	58 (13)	70 (16)	62 (14)

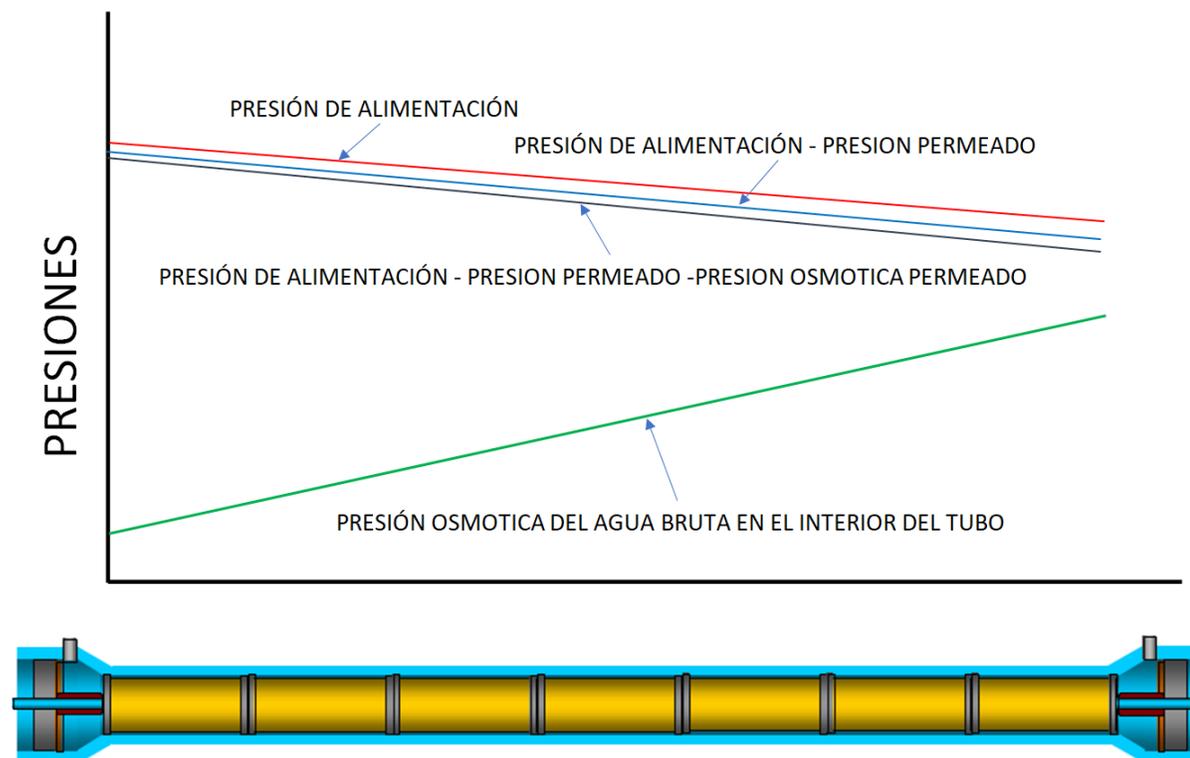
¹ MF: Microfiltration - continuous filtration process using a membrane with pore size of <0.5 micron.

² The maximum recommended pressure drop across a single element is 15 psid (1bar) or 50 psid (3.5 bar) across multiple elements in a pressure vessel, whichever value is more limiting. We recommend designing at maximum of 80% (12 psid) for any element in a system.

Note: The limiting values listed above have been incorporated into the ROSA (Reverse Osmosis System Analysis) software. Designs of systems in excess of the guidelines results in a warning on the ROSA printout.

PRESIÓN NETA EN MEMBRANA

Para entender lo que es la Presión Neta sobre la membrana veamos el siguiente gráfico



PRESIÓN NETA EN MEMBRANA

Del grafico anterior se deduce que:

- Las membranas dentro de un tubo de presión no producen la misma cantidad de permeado, sino que esta va disminuyendo desde el principio hasta el final del tubo
- La conductividad del permeado va aumentando desde la primera membrana del tubo de presión hasta la ultima, siendo la conductividad final la media de las conductividades.
- El Flux es más grande en la primera membrana que en la última
- El factor de conversión es más grande en la primera membrana que en la ultima
- El ensuciamiento por deposición de SS es mayor en la primera que en la última membrana
- El ensuciamiento por incrustaciones es mayor en la última membrana

PARÁMETROS QUE AFECTAN A LA CONDUCTIVIDAD DEL PERMEADO

De las ecuaciones vistas anteriormente tenemos que el permeado vale:

$$Q_p = S \times K_1 \times FF \times TCF \times \overline{PN}$$

Y el paso de sales es:

$$N = S \times TFC \times K_2 \times (C_s - C_p)$$

Por tanto la concentración del permeado valdrá:

$$C_p = \frac{N}{Q_p} = \frac{K_2 \times (C_s - C_p)}{K_1 \times FF \times \overline{PN}}$$

Si $C_p \approx 0$, queda:

$$C_p = \frac{K_2 \times C_s}{K_1 \times FF \times \overline{PN}}$$

PARÁMETROS QUE AFECTAN A LA CONDUCTIVIDAD DEL PERMEADO

$$C_p = \frac{K_2 \times C_s}{K_1 \times FF \times PN}$$

- A mayor presión neta media e igualdad de los otros parámetros, menor conductividad del permeado
- A mayor factor de conversión, mayor conductividad de la salmuera y mayor conductividad del permeado y viceversa
- A mayor factor de ensuciamiento e igualdad del resto de parámetros menor conductividad del permeado
- A mayor temperatura mayor conductividad del permeado y a menor temperatura menor conductividad del permeado debido a que el coeficiente K_2 aumenta con la temperatura

PARÁMETROS QUE AFECTAN A LA CONDUCTIVIDAD DEL PERMEADO

Para aumentar la Presión Neta media sobre las membranas, hay que aumentar la presión de alimentación, sin variar el resto de variables, para eso hay que reducir el número de membranas.

Limitaciones:

- El Flux medio en el tubo de presión y el flux máximo en la primera membrana
- El caudal de alimentación no puede superar el máximo establecido

PARÁMETROS QUE AFECTAN A LA CONDUCTIVIDAD DEL PERMEADO

Para disminuir la concentración del rechazo, hay que reducir el Factor de conversión sin variar el resto de parámetros.

Implicaciones:

- Menor FC implica menor caudal de permeado, para mantener este caudal de permeado, hay que aumentar el caudal de agua de alimentación, lo que permite mantener la PN media.
- Menor FC implica mayor caudal de rechazo

PARÁMETROS QUE AFECTAN A LA CONDUCTIVIDAD DEL PERMEADO

El resto de parámetros, como son el factor de ensuciamiento y la temperatura del agua, no está en nuestras manos poder modificarlos por lo que la conductividad del permeado por variación de estos parámetros son datos a calcular con la variación estacional de la temperatura y con el ensuciamiento de las membranas previsto.

DETERMINACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL BASTIDOR

La configuración del bastidor viene fijada fundamentalmente por el Factor de conversión utilizado en el diseño.

La ecuación anterior:

$$Q_p = S \times K_1 \times FF \times TCF \times \overline{PN}$$

Se puede deducir que:

$$\frac{Q_p}{S} = Flux = K_1 \times FF \times TCF \times \overline{PN}$$

Es decir, el flux máximo determina la Presión neta necesaria y, así mismo, el Flux máximo determina el área S mínima de membranas, o lo que es lo mismo, el número mínimo de membranas para un caudal de producción establecido Q_p

DETERMINACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL BASTIDOR

Por otra parte la composición de sales de la alimentación fija el Factor de conversión máximo posible y este fija la concentración del rechazo, según se vio antes

$$C_s = C_a \times \frac{1}{1 - FC}$$

Esta concentración del rechazo determina la presión osmótica del rechazo, que sumada a la Presión neta necesaria que nos fija el Flux máximo, nos dá la presión de alimentación.

DETERMINACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL BASTIDOR

EN RESUMEN:

- El Flux máximo fija la Presión neta sobre las membranas
- La Composición de sales de la alimentación fija el Factor de conversión máximo
- Flux + Factor de conversión fijan la Presión de alimentación de membranas
- Flux + Caudal de permeado fijan la Superficie de membranas necesaria
 - La Superficie de membranas + el modelo fijan el Número de membranas a instalar
 - El Número de membranas + el Número de membranas por tubo de presión fijan el Número de Tubos de presión a instalar
- El Factor de conversión + Caudal de permeado fijan el Caudal de alimentación
- El Caudal de alimentación + Factor de conversión fijan el Caudal de rechazo
- El Caudal de alimentación + el Número de Tubos de presión fijan el Caudal de alimentación por membrana
- El caudal de rechazo + el Número de Tubos de presión fijan el Caudal de rechazo por membrana

DETERMINACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL BASTIDOR

Si todos los valores están dentro de los límites se puede hacer un bastidor de un paso y una etapa:

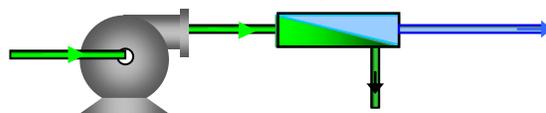


Figura 6.1.- UN PASO UNA ETAPA

Si el caudal de rechazo por tubo de presión es bajo, las membranas se pueden distribuir en dos etapas:

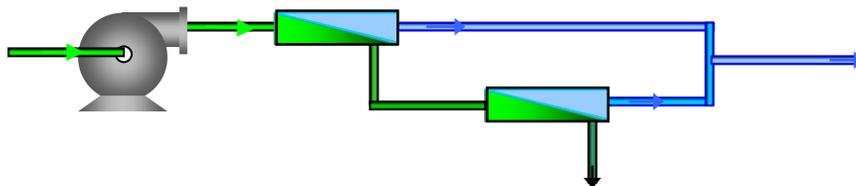


Figura 6.2.- UN PASO DOS ETAPAS

DETERMINACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL BASTIDOR

Si la producción por membrana de las dos etapas está muy desequilibrada, se puede instalar una bomba booster ente etapas, para equilibrarlas.

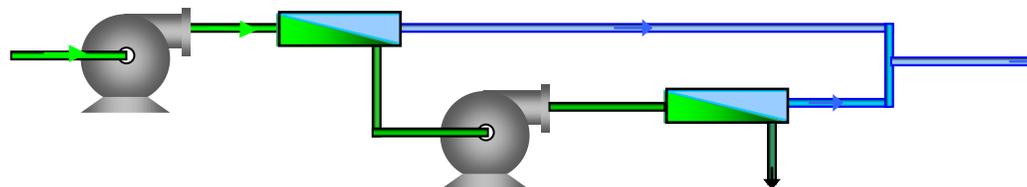


Figura 6.3.- UN PASO Y DOS ETAPAS CON BOOSTER

DETERMINACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL BASTIDOR

Si la concentración de sales del permeado es mas alta de lo deseado para el uso posterior de dicha agua, se puede diseñar el bastidor en dos pasos, pasando toda o parte del agua permeada del primer paso, por un segundo paso de OI.

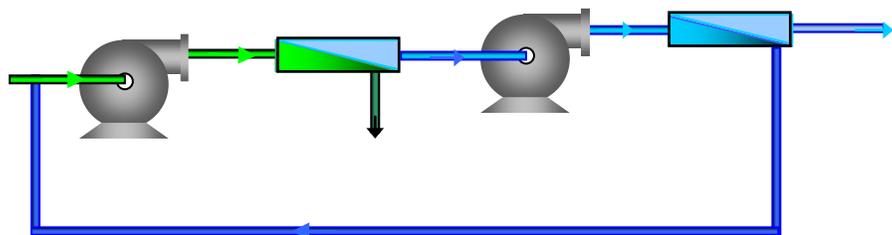


Figura 6.4.- DOBLE PASO TOTAL CON BOMBEO AL 2º PASO

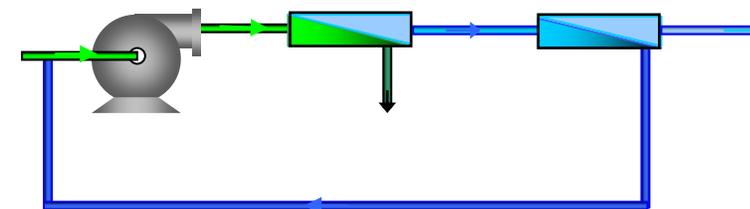


Figura 6.5.- DOBLE PASO TOTAL SIN BOMBA DEL 2º PASO

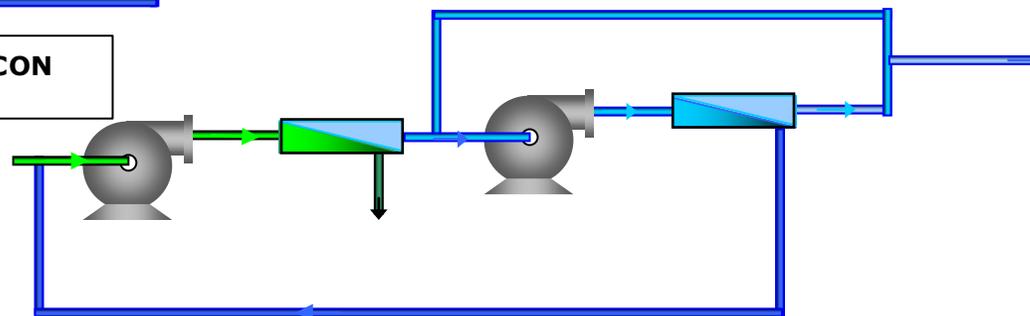


Figura 6.6.- DOBLE PASO PARCIAL CON BOMBEO AL 2º PASO

DATOS Y VARIABLES

Para el diseño de una instalación de OI, se parte de unos DATOS y se fijan unas VARIABLES.

DATOS:

- Composición del agua de alimentación (química, bacteriológica, organoléptica, etc..)
- Rango de temperatura del agua de alimentación (T-max y T-min)

VARIABLES:

- Producción de agua deseada
- Caudal de agua de alimentación disponible
- Calidad del agua producida
- Factor de conversión si es menor del FC-max.
- Presión de alimentación

De todas estas variables se pueden fijar tres como variables independientes, siendo el resto resultados o variables dependientes

DATOS Y VARIABLES (En nuestro caso)

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Caudal alimentación + Caudal de permeado + Calidad del permeado (siempre que $FC < FC_{max}$)	Presión de alimentación + Factor de conversión
Caudal alimentación + Presión alimentación + Calidad del permeado	Caudal de permeado + Factor de conversión
Caudal de alimentación + Presión alimentación + Factor de conversión (siempre que $FC < FC_{max}$)	Caudal de permeado + Calidad del permeado

El resto de variaciones están englobadas en alguna de las anteriores.

JORNADA SOBRE REGENERACIÓN DE AGUAS URBANAS DEPURADAS Y UTILIZACIÓN EN AGRICULTURA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

GRACIAS POR SU ATENCIÓN