



**eco-friendly ceramic**  
**MEMBRANE**  
**BIOREACTOR** MBR  
**based**  
**on RECYCLED**  
**agricultural and industrial**  
**wastes for waste water reuse**

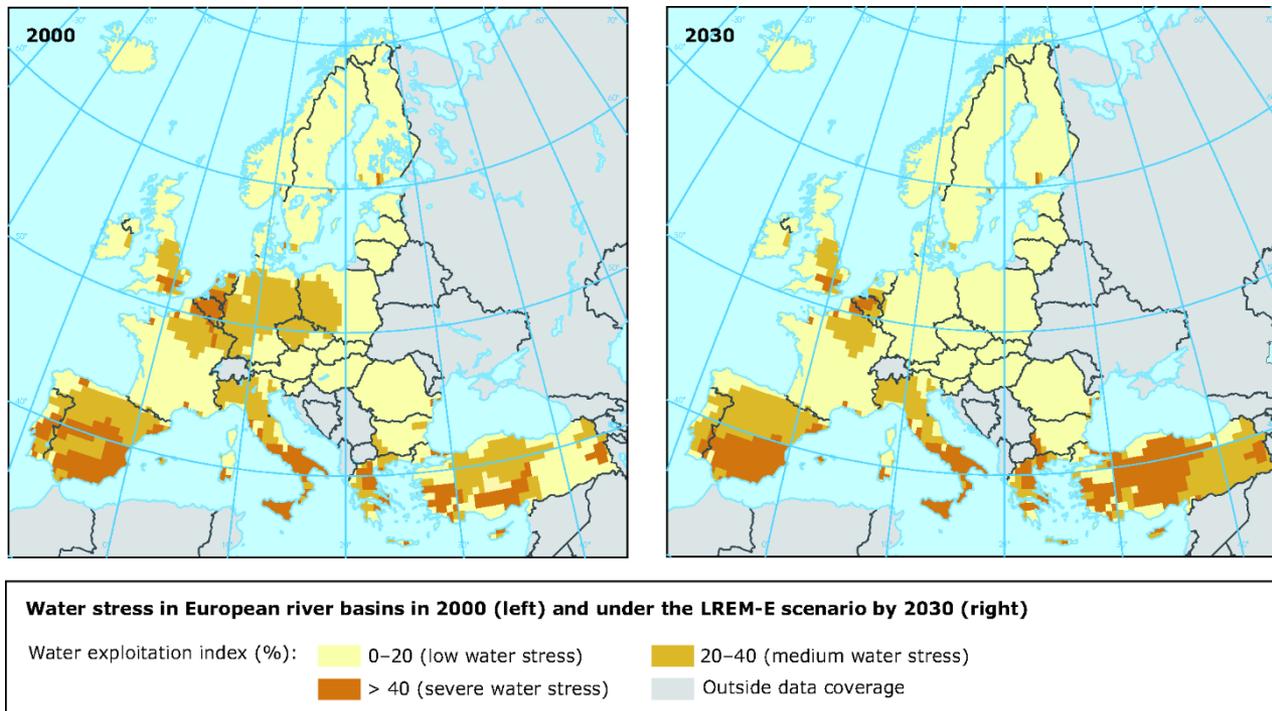
E. Zuriaga-Agustí, I. Pastor, B. Hernández, M. Galián, E. Sánchez, M. Abellán, P. Simón



- 01    Antecedentes
- 02    Objetivos
- 03    La membrana
- 04    La planta piloto MBR
- 05    Resultados obtenidos
- 06    Conclusiones

## Antecedentes

- ✓ El **estrés hídrico** afecta a 130 M habitantes, **30% de la población Europea**.
- ✓ En 2050 la **demanda de agua** aumentará un **55%**.
- ✓ En la UE se tratan más de 40,000 M m<sup>3</sup> de aguas residuales cada año, pero **solo el 2,4% de esta agua se reutiliza** (964 M m<sup>3</sup>).





## Antecedentes



## NECESITAMOS MEMBRANAS!


 EUROPEAN COMMISSION

Brussels, 28.5.2018  
 COM(2018) 337 final  
 2018/0169 (COD)

Proposal for a  
**REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL**  
**on minimum requirements for water reuse**

(Text with EEA relevance)  
 {SEC(2018) 249 final} - {SWD(2018) 249 final} - {SWD(2018) 250 final}

**Table 1 Classes of reclaimed water quality and allowed agricultural use and irrigation method**

Minimum reclaimed water quality class	Crop category	Irrigation method
<b>A</b>	All food crops, including root crops consumed raw and food crops where the edible part is in direct contact with reclaimed water	All irrigation methods
<b>B</b>	Food crops consumed raw where the edible part is produced above ground and is not in direct contact with reclaimed water, processed food crops and non-food crops including crops to feed milk- or meat-producing animals	All irrigation methods
<b>C</b>		Drip irrigation* only
<b>D</b>	Industrial, energy, and seeded crops	All irrigation methods

**Table 4 Validation monitoring of reclaimed water for agricultural irrigation**

Reclaimed water quality class	Indicator microorganisms ( <sup>±</sup> )	Performance targets for the treatment chain (log <sub>10</sub> reduction)
<b>A</b>	<i>E. coli</i>	≥ 5.0
	Total coliphages/ F-specific coliphages/somatic coliphages/coliphages(**)	≥ 6.0
	<i>Clostridium perfringens</i> spores/spore-forming sulfate-reducing bacteria(***)	≥ 5.0

# Objetivos



## Objetivos

- El objetivo principal del proyecto **REMEB** es el desarrollo y validación de un tratamiento de agua innovador, basado en un **MBR cerámico** equipado con **membranas** fabricadas con materiales **reciclados**.
- **Valorización** de subproductos, ya que las membranas cerámicas de **bajo coste** serán fabricadas a partir de **residuos** de procesos **agroindustriales**, como huesos de aceituna, polvo de mármol y chamota.
- **Validación** en una EDAR ubicada en Aledo (Murcia) donde se comparará el MBR REMEB con el MBR ya existente.
- **Replicación** de la tecnológica en varios lugares estratégicos. Fabricación de membranas en Italia y Turquía, teniendo en cuenta los residuos disponibles en estos países.



## El consorcio

- ❖ Inicio 1 September 2015
- ❖ Duración 3 años
- ❖ Presupuesto 2.36 M€
- ❖ 7 Work Packages
- ❖ 11 Socios de 7 países
- ❖ 290 person/month





## Por qué membrana cerámica?

### • Membrana Polimérica

-  Menor coste económico.
-  De mayor uso, dominan el mercado de los MBR

### • Membrana Cerámica

-  Mejor resistencia química / térmica.
-  Mayor tiempo de vida
-  Robustez

 Presentan inconvenientes en ambientes extremos.

 Menor vida útil

 Coste demasiado elevado

- Materia prima:
- Coste de energía
- Tiempo de fabricación
- Volumen
- Fabricación alto coste

## La membrana: materias primas

### CHAMOTA



Properties	Chamotte
Specific surface area (BET method) (m <sup>2</sup> /g)	0.9 - 1
d <sub>50</sub> (μm)	30 - 32

### POLVO DE MARMOL



Properties	Marble dust
Carbonates content (%)	90-94
d <sub>50</sub> (μm)	2.7-4.3

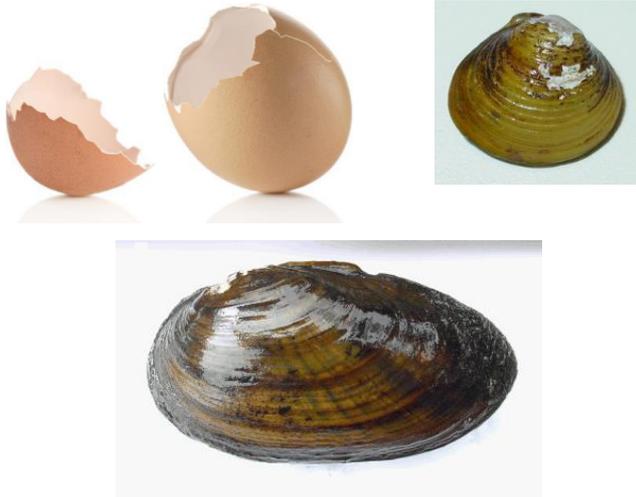
### RESIDUO ALMAZARA



Properties	Olive bone
Water content (%)	18-41
d <sub>50</sub> (μm)	90-120

## La membrana: materias primas

### Residuos de cáscaras



### Residuos de café



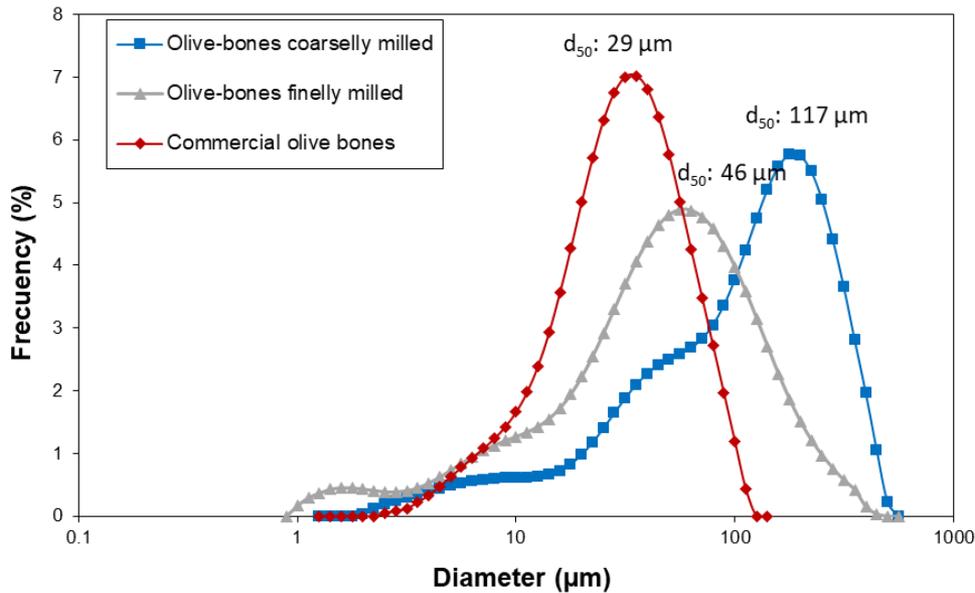
### Dolomita



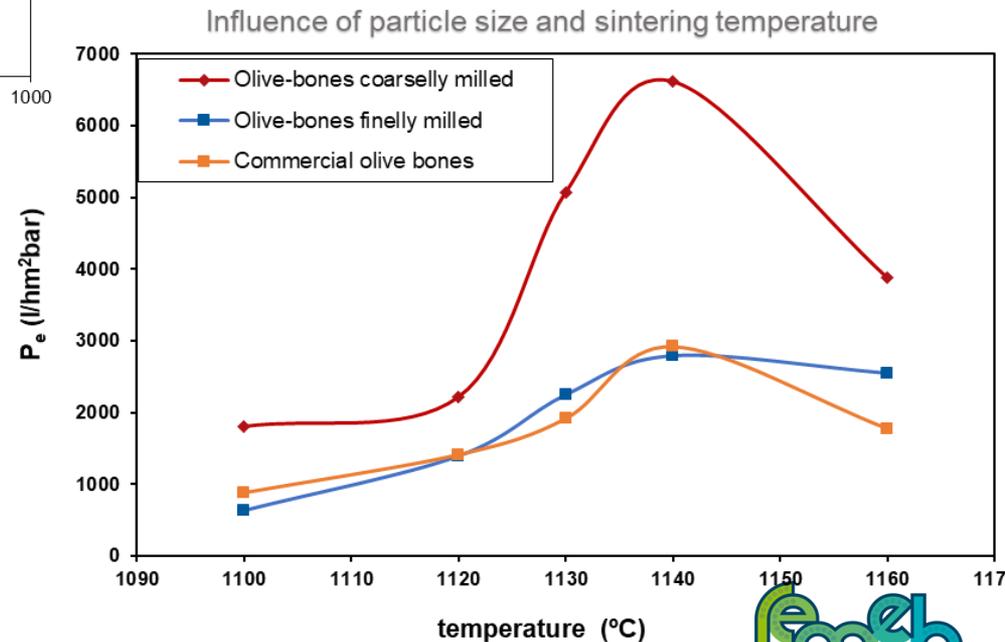
### Avellanas



## Preparación de las materias primas



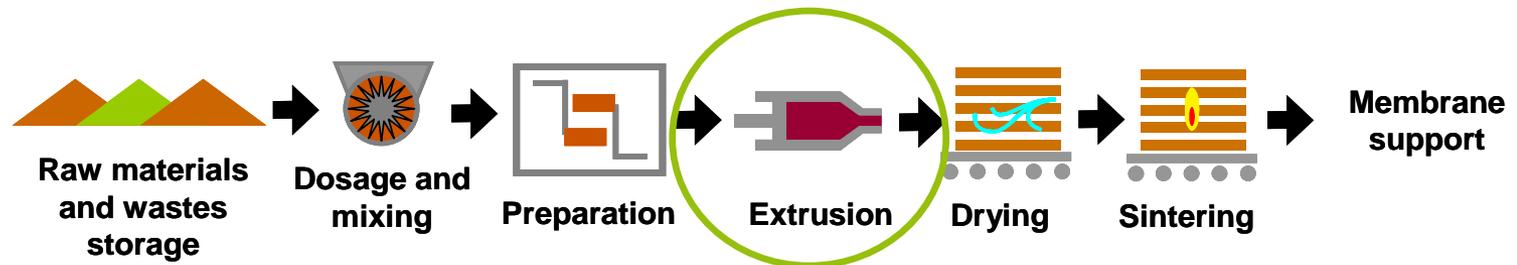
Importancia del tamaño de partícula y de la temperatura de sinterización, en las propiedades de la membrana



## La membrana: proceso de fabricación

### ▪ Fabricación del soporte

- Basado en la extrusión de baldosas cerámicas. El proceso industrial ha sido adaptado al proceso de fabricación de la membrana.
- La cantidad de desechos introducidos en la composición varía entre: 15-30% de chamota, 5-25% de polvo de mármol y 5-30% de hueso de oliva.
- Las características del soporte en las diferentes etapas se controlan evaluando los parámetros más importantes de este proceso (contenido de agua, retracción por secado y sinterización, densidad del bulbo, porosidad, permeabilidad, microestructura, resistencia mecánica, etc.).



M.-M. Lorente-Ayza, S. Mestre, M. Menéndez, and E. Sánchez, "Comparison of extruded and pressed low cost ceramic supports for microfiltration membranes," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 35, no. 13, pp. 3681–3691, Nov. 2015.

## La membrana: proceso de fabricación

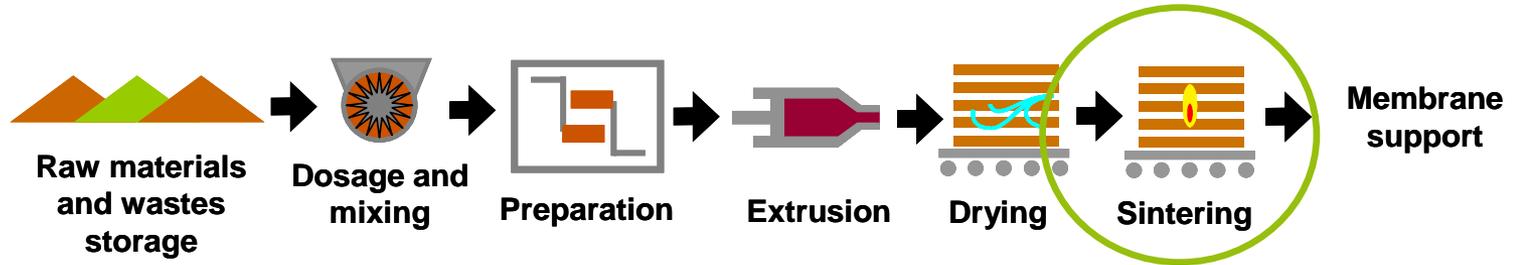
### Extrusora piloto



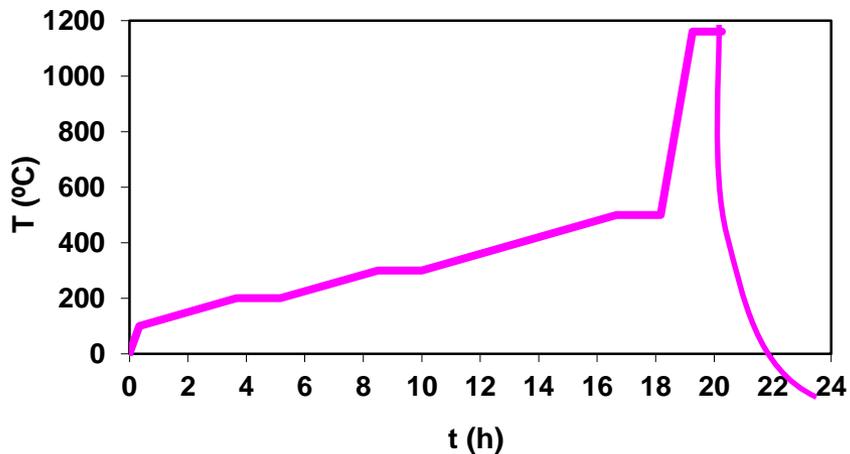
### Extrusora industrial



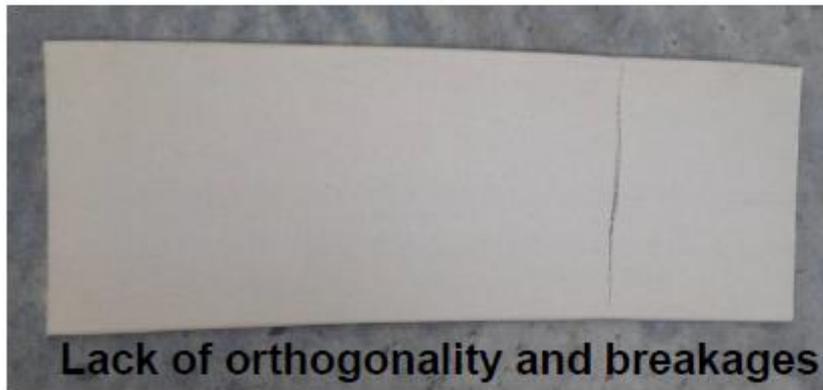
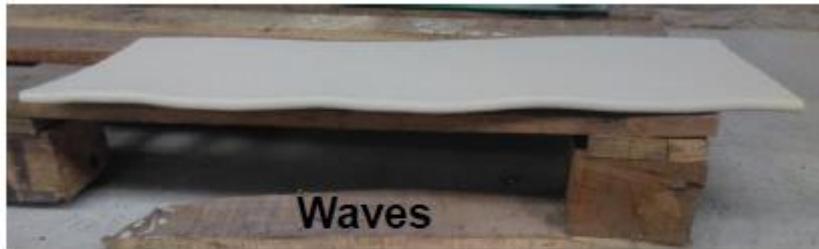
## La membrana: proceso de fabricación



- **Secado:** en una sala de secado : 110 °C durante 24 h
- **Sinterización:** Controlando la rampa de temperatura

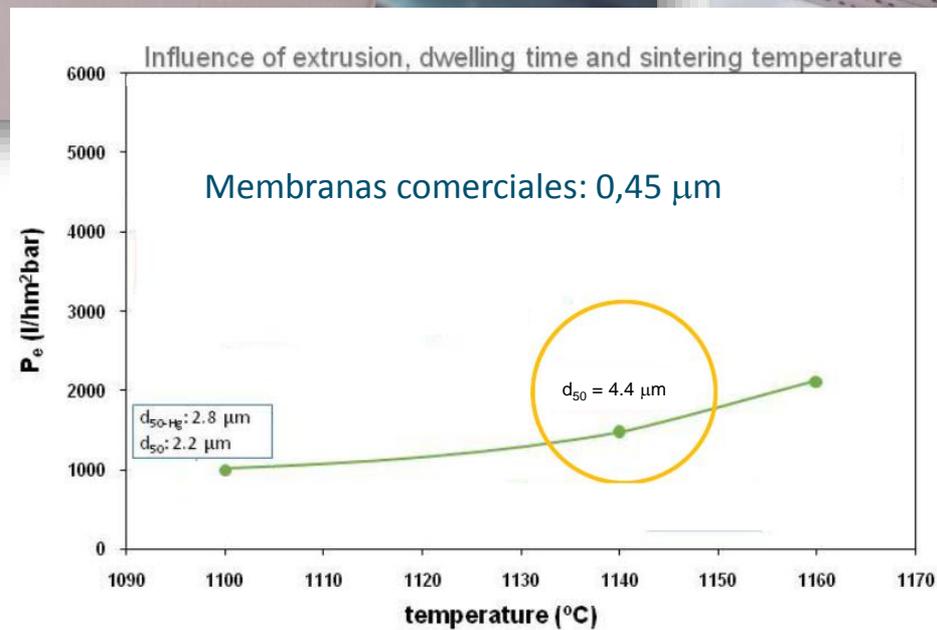
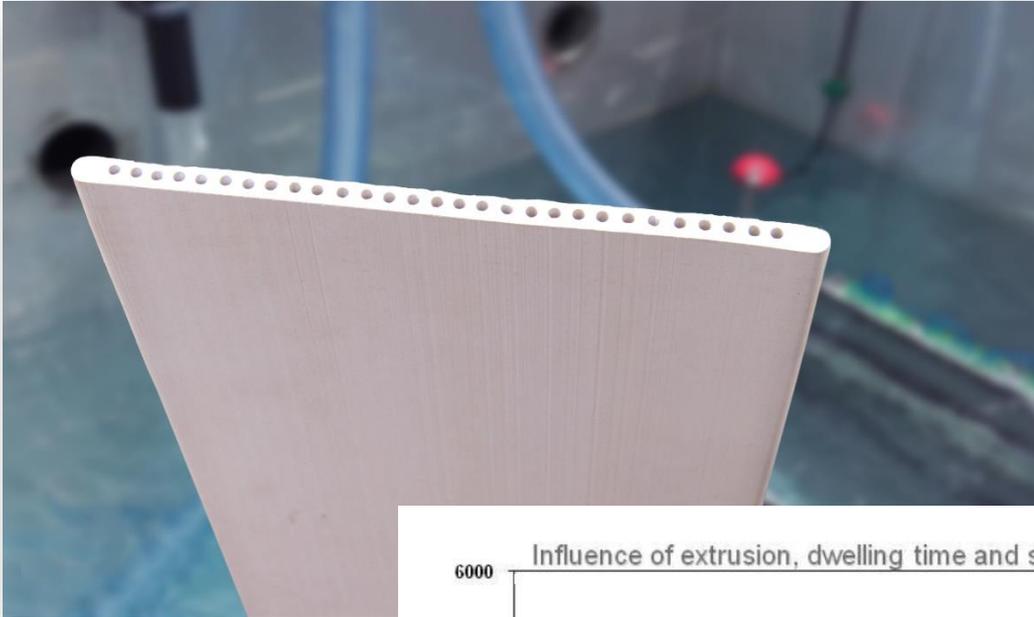


## La membrana: proceso de fabricación



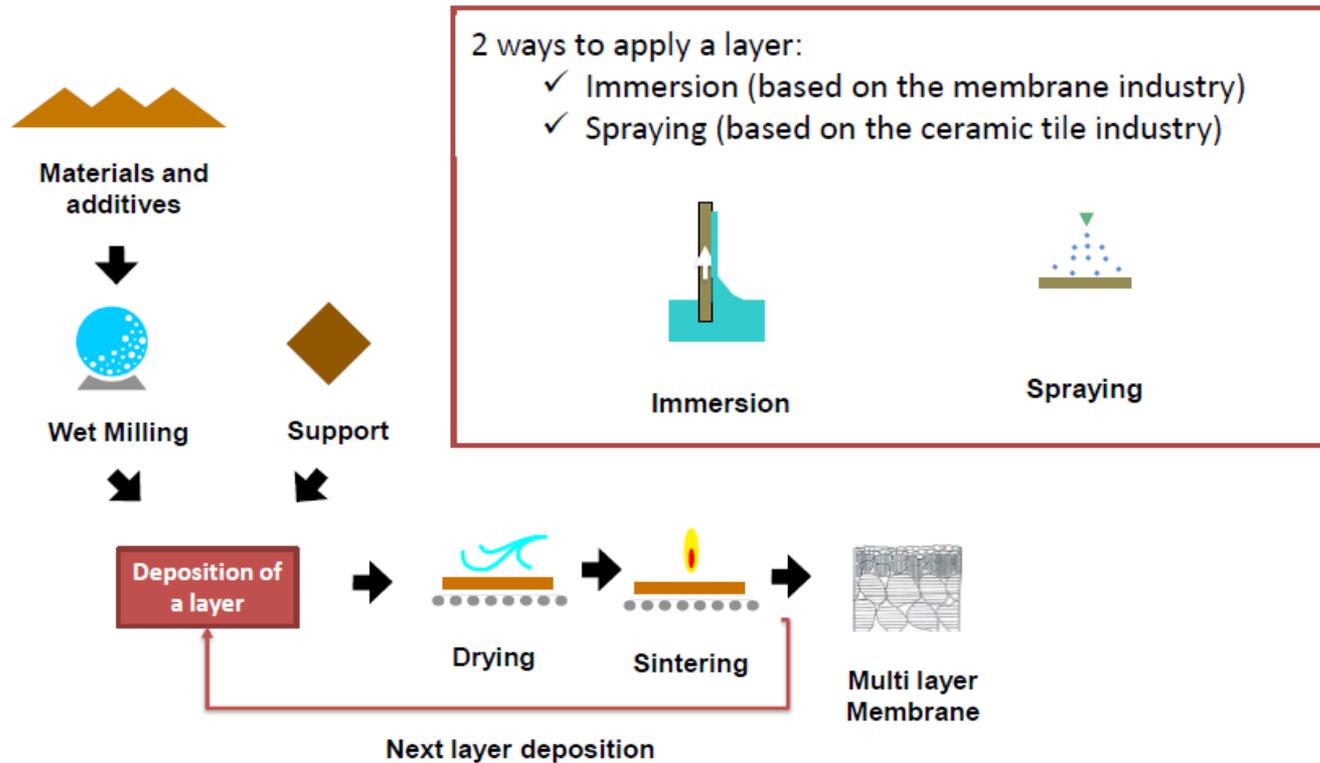
**AJUSTE DEL PROCESO DE  
FABRICACIÓN DE LAS  
MEMBRANAS!!**

## La membrana: proceso de fabricación



## La membrana: deposición de la capa selectiva

### Deposición de capa selectiva para reducir el tamaño de poro



## La membrana: deposición de la capa selectiva

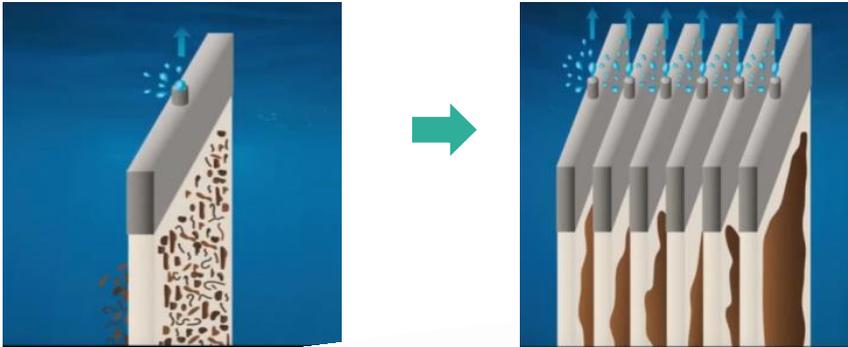
### LABORATORY SCALE



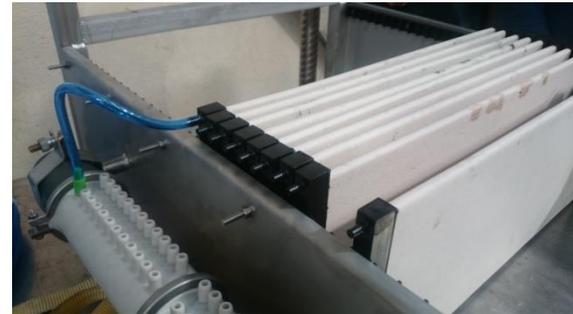
### PILOT SCALE WITH INDUSTRIAL SUPPORTS



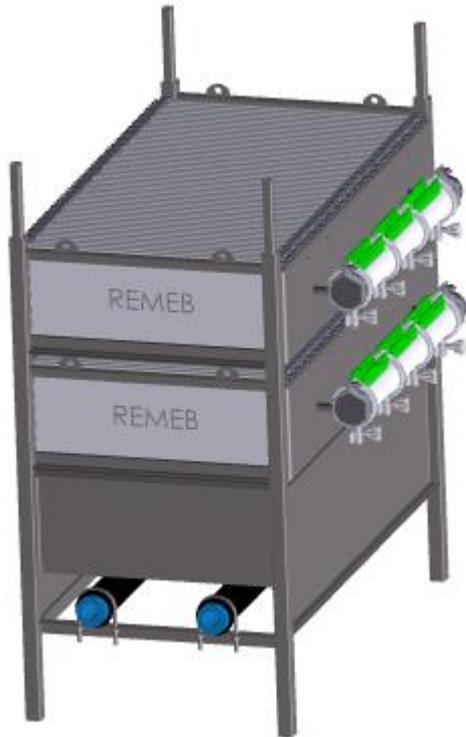
# EI MBR



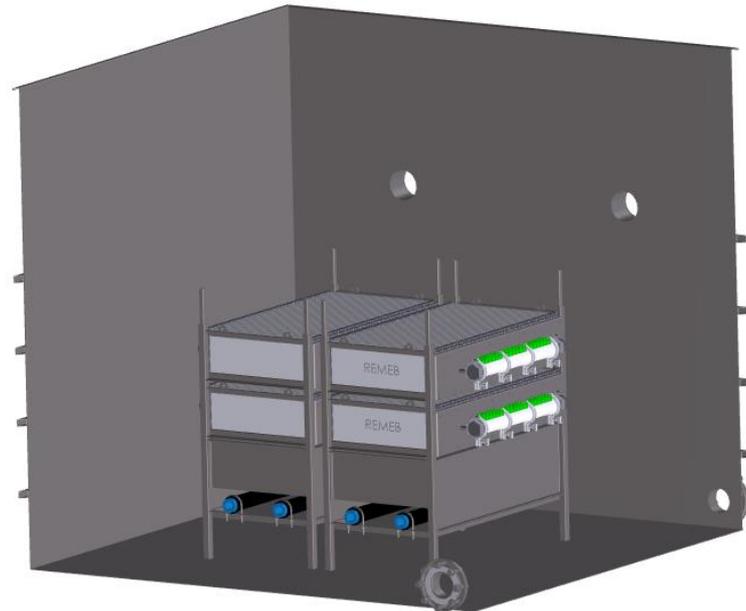
**MODULO = 50 MEMBRANAS**



## EI MBR



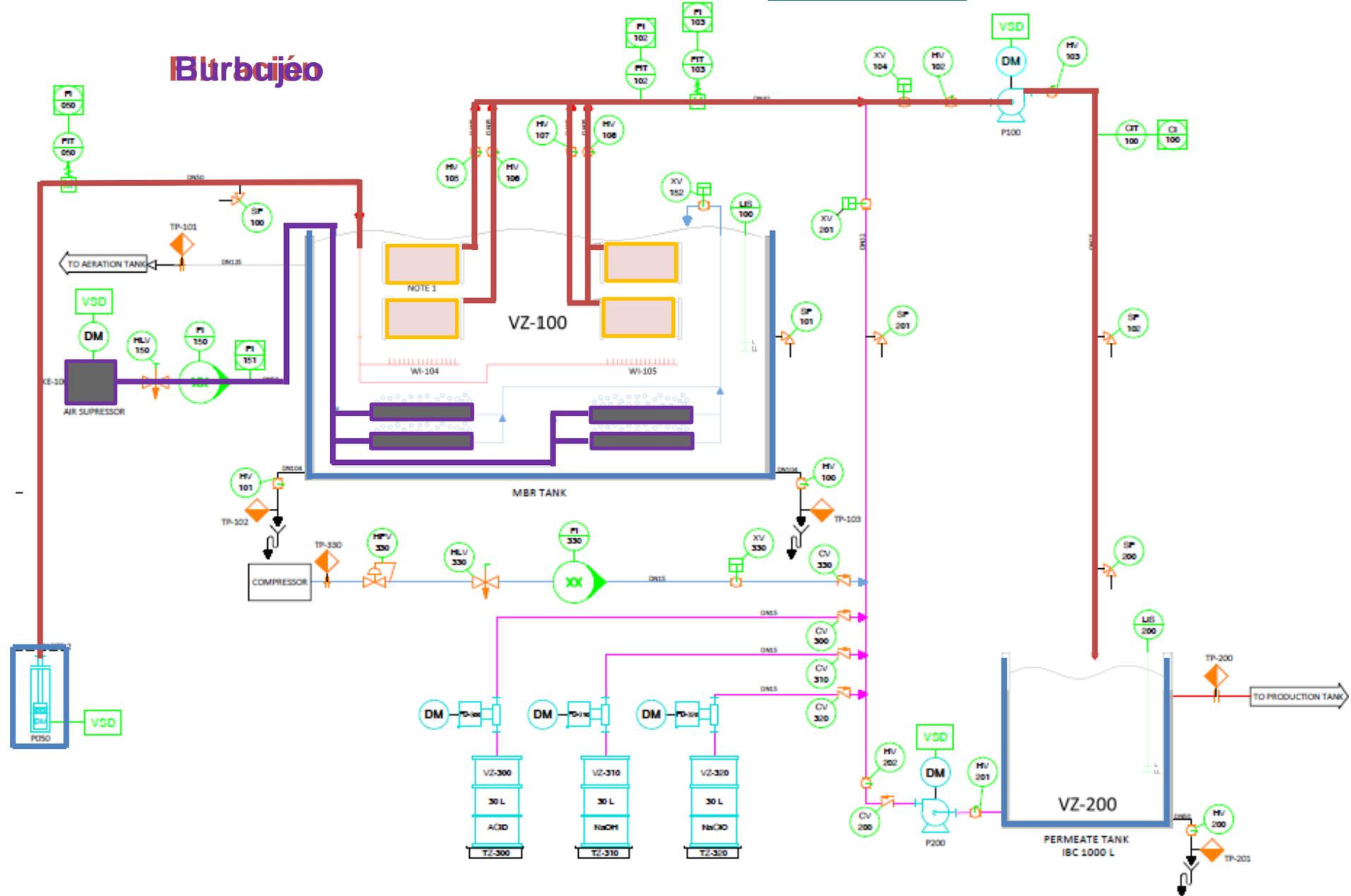
*100 membranes cassette*



*200 membranes in the MBR*

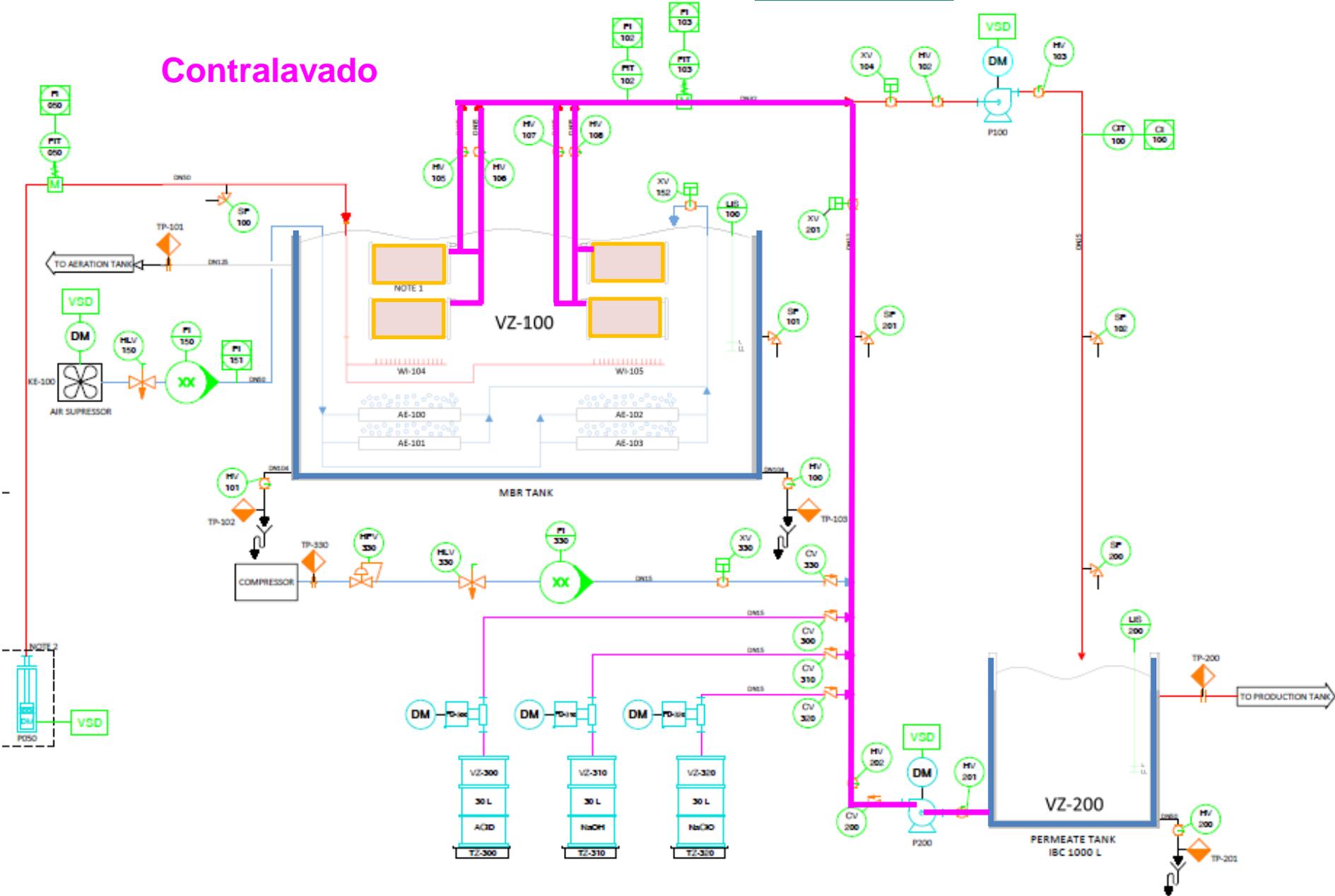
*40 m<sup>2</sup> membrane area*

# Burbaçjeo



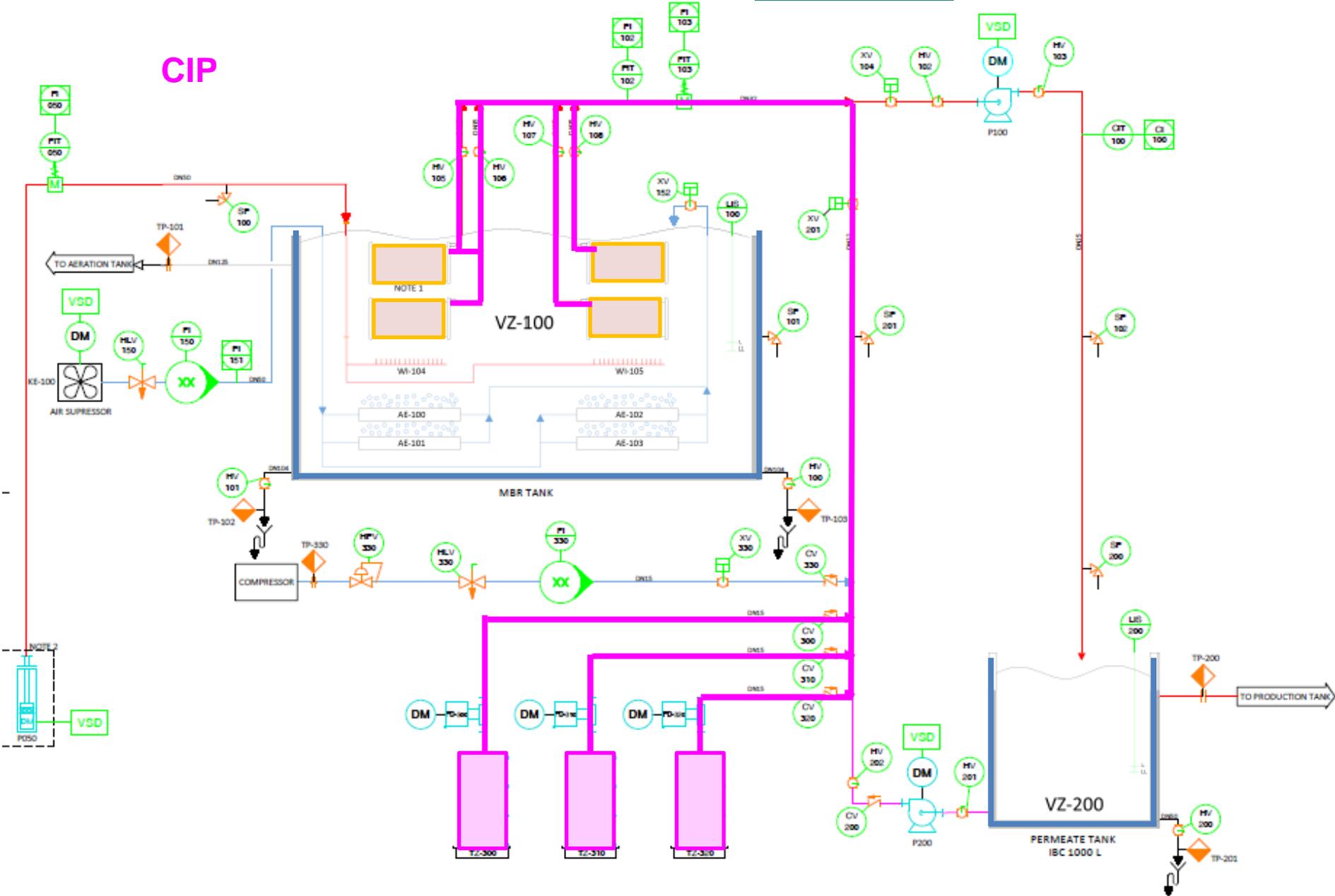
PID of the REMEB MBR plant

# Contralavado



PID of the REMEB MBR plant

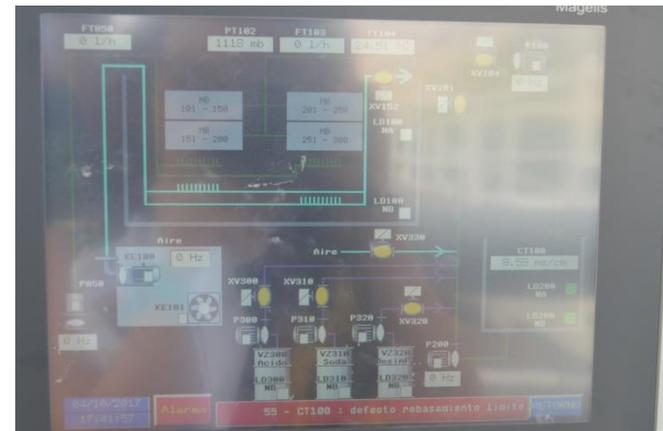
CIP



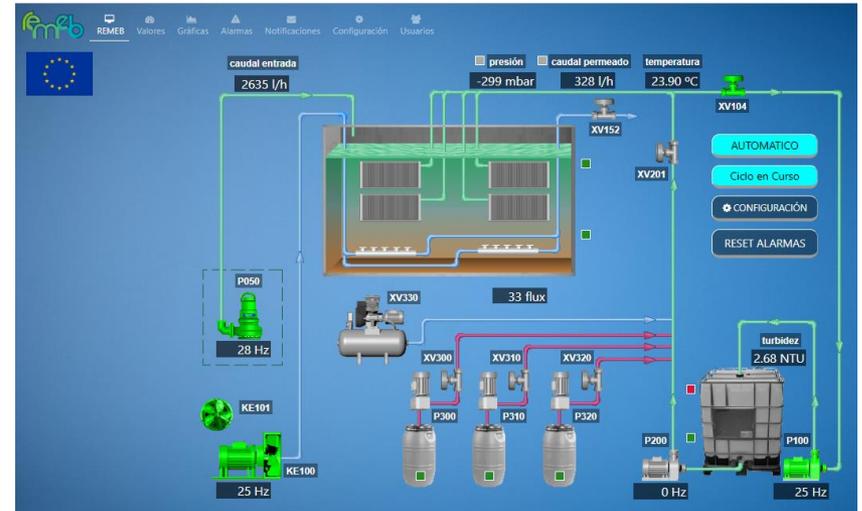
PID of the REMEB MBR plant



## La planta piloto

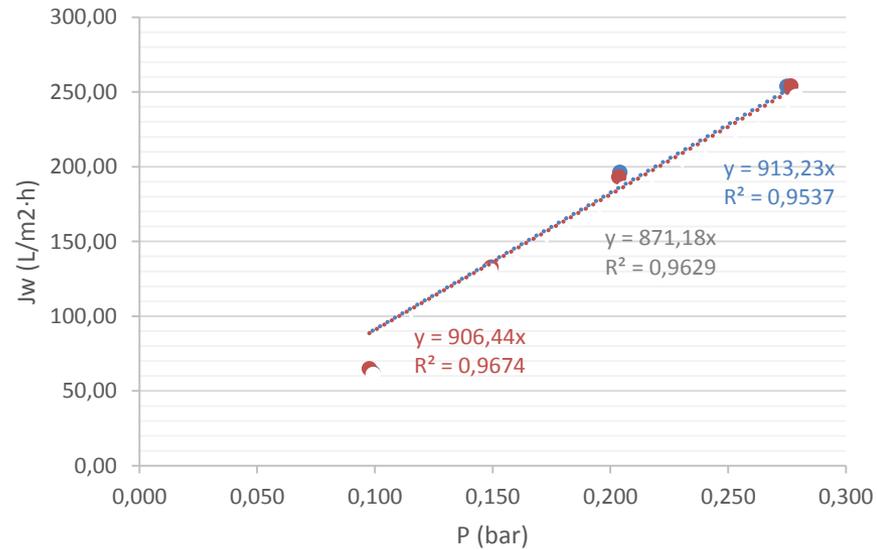


## La planta piloto



**eco-friendly ceramic**  
**MEMBRANE**  
**BIOREACTOR** MBR  
**based**  
**on RECYCLED**  
**agricultural and industrial**  
**wastes for waste water reuse**

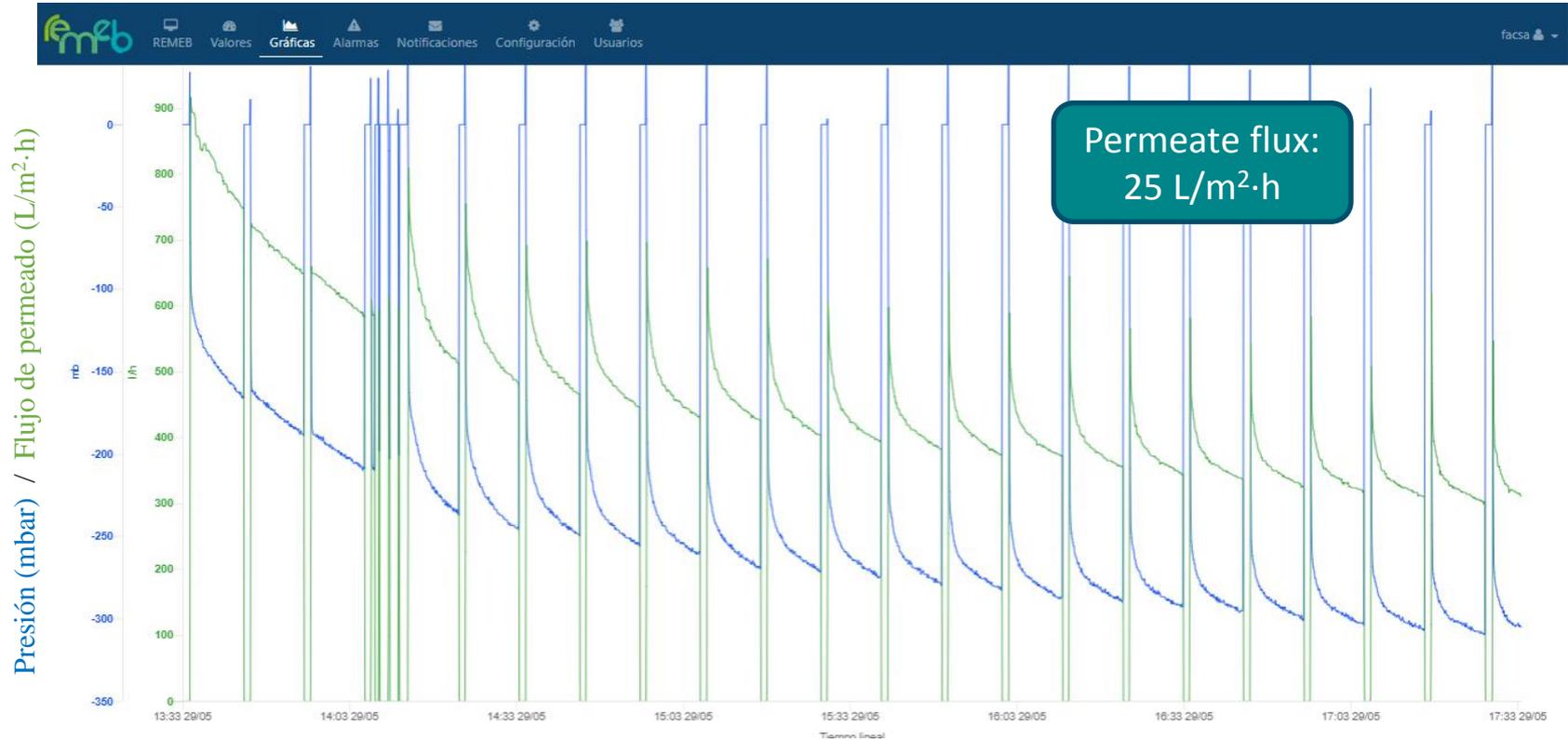
## Resultados obtenidos



Permeabilidad al agua de 3 diferentes membranas de la misma fabricación

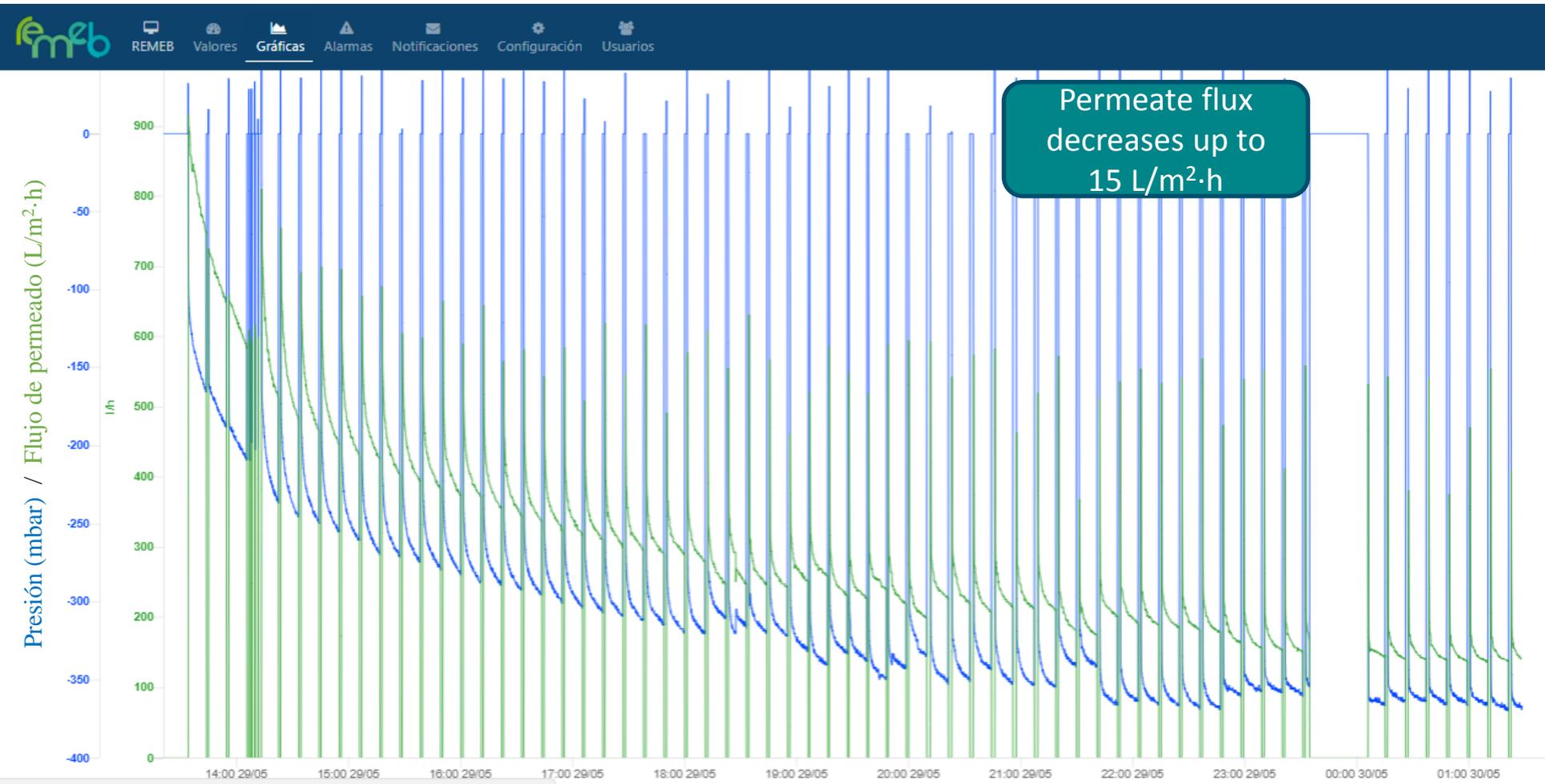
# Resultados obtenidos

Test at 25 Hz permeate pump, 100 membranes  
8,8 g/L MLSS

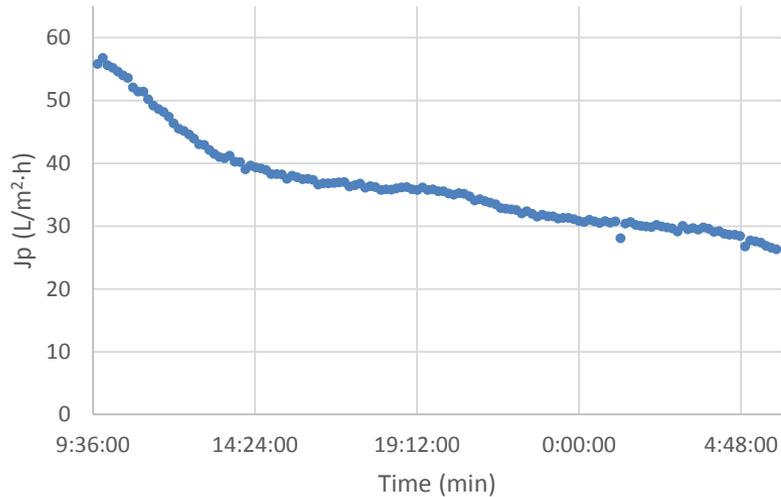


# Resultados obtenidos

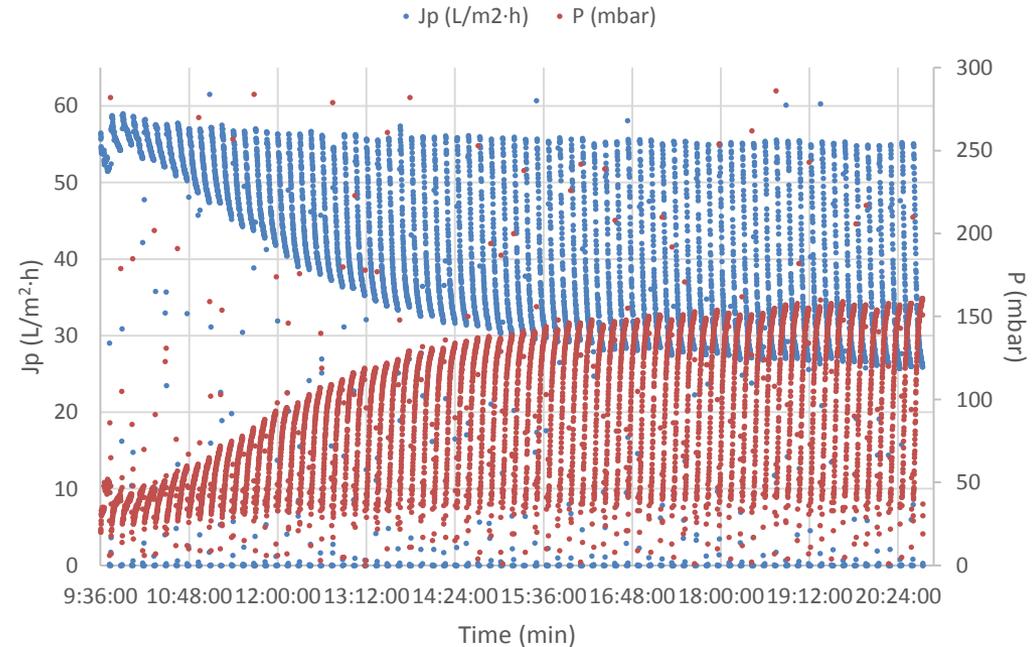
Test at 20 Hz permeate pump, 100 membranes



## Ensayos con la bomba de succión de permeado a 20 Hz

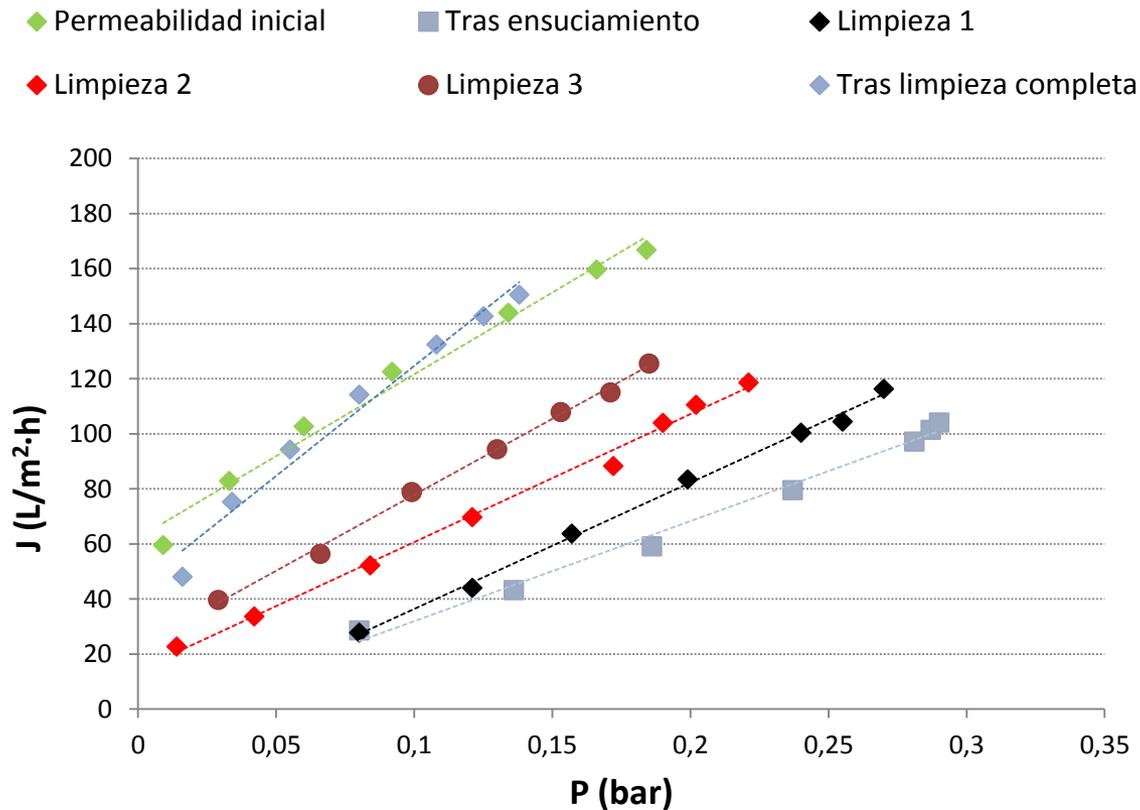


La densidad de flujo de permeado promedio se mantiene en  $22 \text{ L/m}^2\cdot\text{h}$



Evolución de la densidad de flujo de permeado y la presión

## Resultados obtenidos



Initial and final water permeability and influence of different chemical cleaning procedures with 1-3% sodium hypochlorite, 1-2% NaOH and 5% citric acid

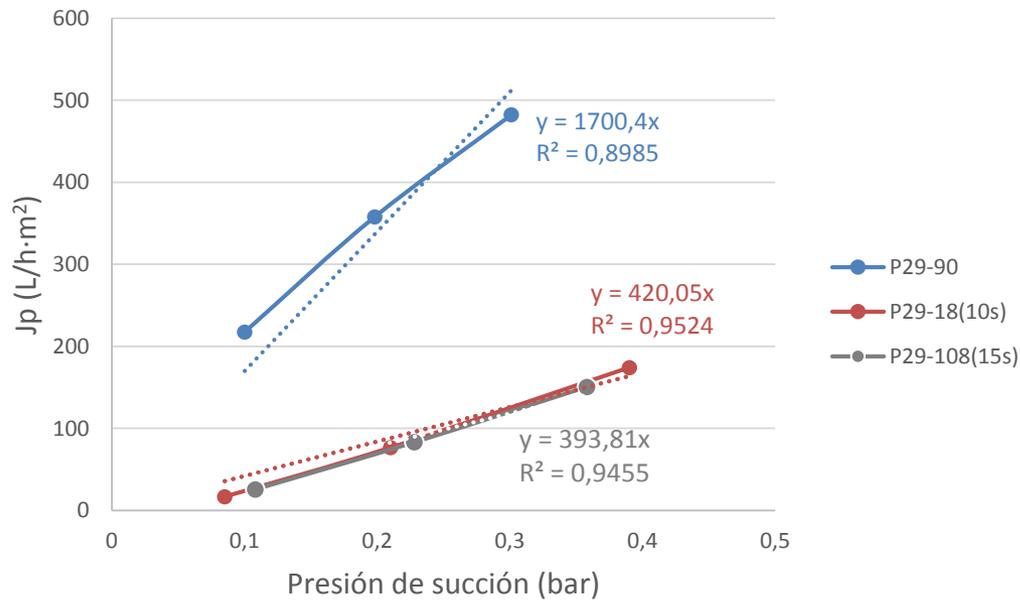
## Resultados: membrana sin capa selectiva

Aledo MBR Pilot Plant	Influent	Commercial membranes	REMEB membranes
		effluent	effluent
pH	7,70	7,93	7,88
Conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1823	1504,4	1518,5
Turbidity (NTU)	295	<0,40	9
DQO (mg/l)	1207	20	70
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	700	<5	18

RD 1620 / 2007

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>CALIDAD 2.3</b> a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija limite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L
<b>3.- USOS INDUSTRIALES</b>					
<b>CALIDAD 3.1<sup>1</sup></b> a) Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria. b) Otros usos industriales.	No se fija limite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	15 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs <i>Legionella spp.</i> : 100 UFC/L

## Resultados: membrana con capa selectiva



Membrane	Permeability ( $L/m^2 \cdot h \cdot bar$ )	$d_{50}$ ( $\mu m$ )
P29-90 (without layer)	1700	4,4
P29-90-18(10s)	420	1,5
P29-90-108(15s)	394	1,3
P29-90-16	238	0,4
P29-90-19(15s)	467	0,7
P29-90-20	634	0,7
P30 (without layer)	5400	6,7

## Resultados: membrana con capa selectiva



Membrane	<i>Escherichia coli</i> (CFU/100 ml)	<i>Clostridium perfringens</i> (CFU/100 ml)
Wastewater	3600	1600
P29-90 – (without layer)	780	110
P29-18(10s)	100	130
P29-108(15s)	<10	<10
P29-16	<10	<10

## Conclusiones

- Es posible fabricar membranas cerámicas utilizando **materias primas y desechos de bajo coste** en su composición, en lugar de óxidos de titanio, alúmina o zirconia.
- Ha sido posible **adaptar la industria de fabricación de baldosas cerámicas** a la fabricación de membranas.
- La valorización de los residuos agrícolas e industriales beneficiará la **economía circular**.
- El **coste de fabricación se ha reducido un 30%** en comparación con las membranas cerámicas convencionales.
- Dependiendo de los criterios de calidad requeridos, es posible **reutilizar el agua** tratada sin capa selectiva.
  
- *Próximos pasos:* Continuar trabajando en el procedimiento de limpieza y desarrollo de capas selectivas.

**cemink**



# Gracias!



**Facsa**<sup>F</sup>  
ciclo integral del agua

<http://www.remeb-h2020.com/>

ezuriaga@facsa.com