

AMPHOS²¹

member of
RSK



La recarga gestionada de acuíferos con agua regenerada: experiencias en la isla de Menorca

Guimerà, J.; Mas, R.; Vilanova, E.; Goetze, T.; Fernández-Iglesias, C.; Martino, S; Giménez, J.
jordi.guimera@amphos21.com



G CONSELLERIA
O MEDI AMBIENT
I I TERRITORI
B DIRECCIÓ GENERAL
/ RECURSOS HÍDRICS

ASERSA Open Webinar Series 13: Regeneración y
Reutilización del Agua
Martes, 18 de octubre 2022



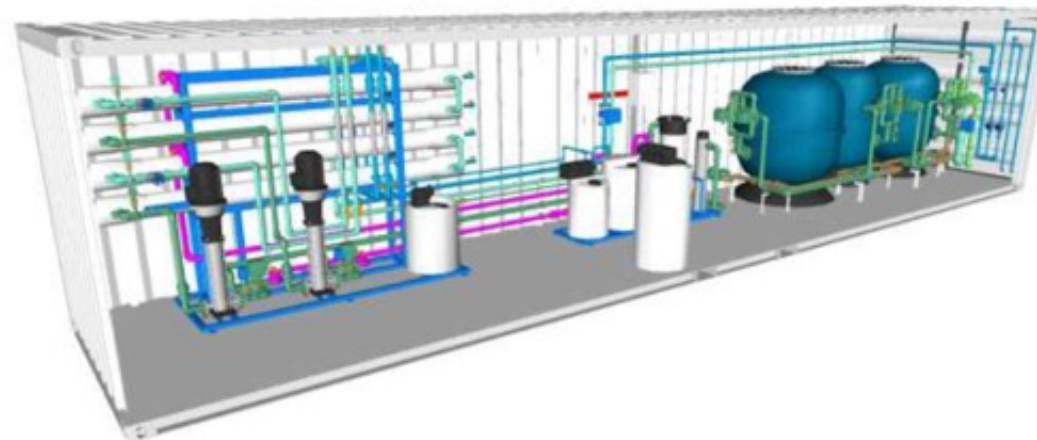
asersa

Estructura de la presentación

- Caso : Planta piloto de reutilización y recarga de acuífero
- Caracterización acuífero
- Planta: construcción y puesta en marcha

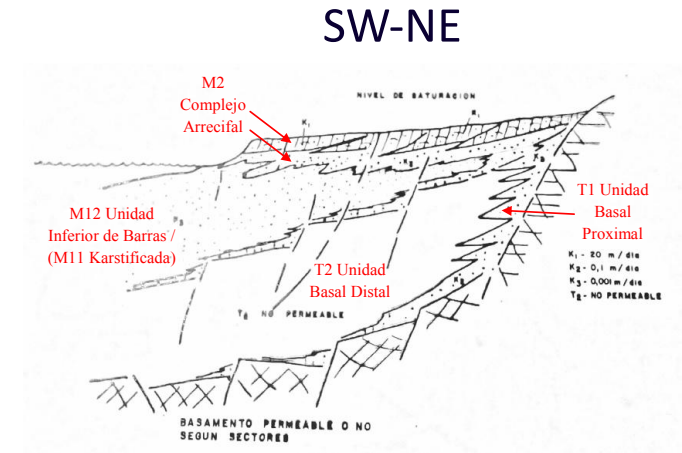
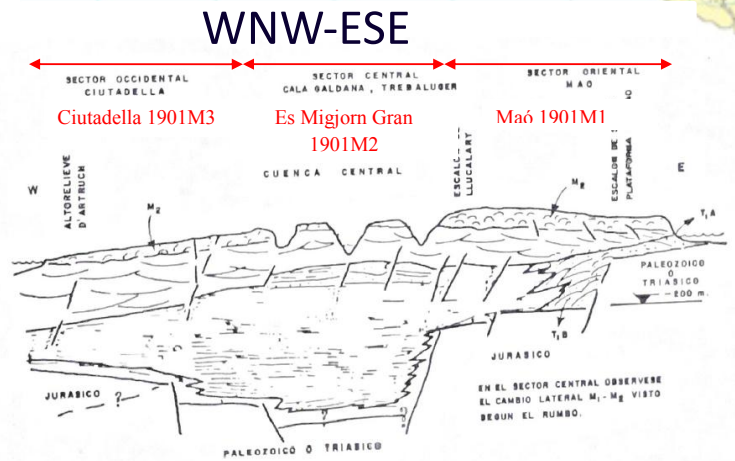
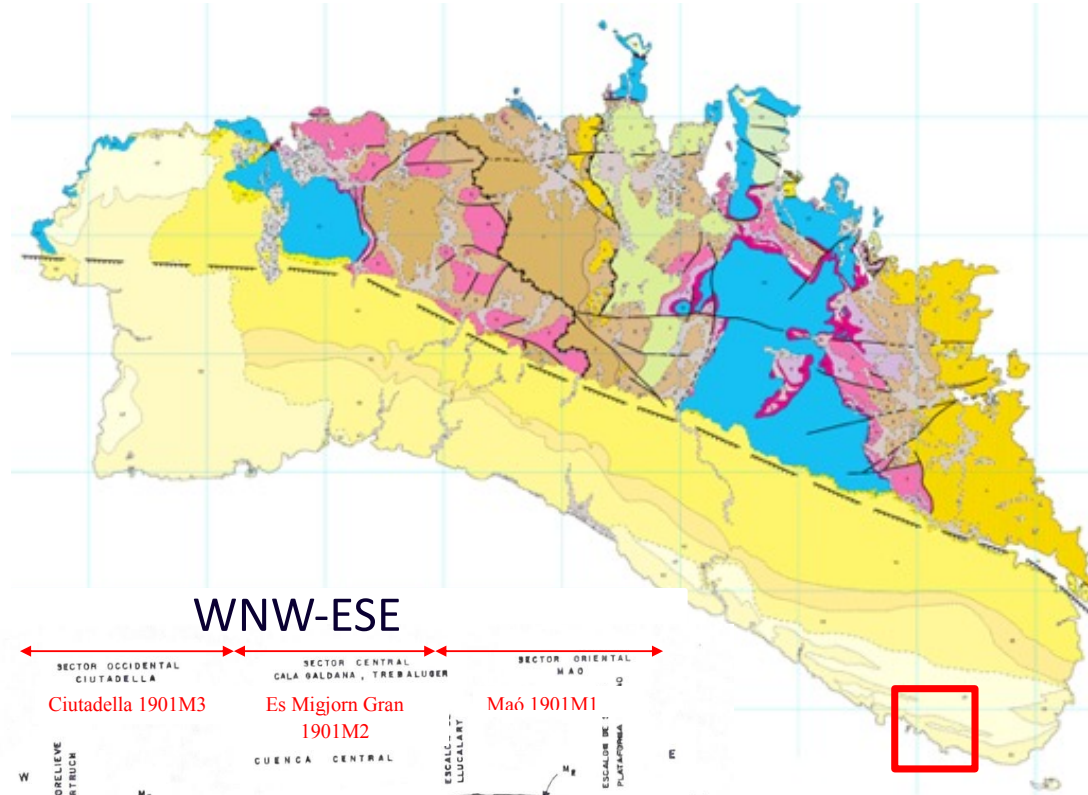
Planta piloto de tratamiento y recarga del terciario (in progress)

- Sant Lluís, Menorca
 - Planta piloto para tratar agua de residual urbana
 - Microfiltración
 - Descloración
 - Desinfección
 - Remineralización
- Ósmosis
- Inyección de dos pozos $100 \text{ m}^3/\text{d}$
 - zona de bajo gradiente
 - Afectado por Coliformes, Cl and NO_3



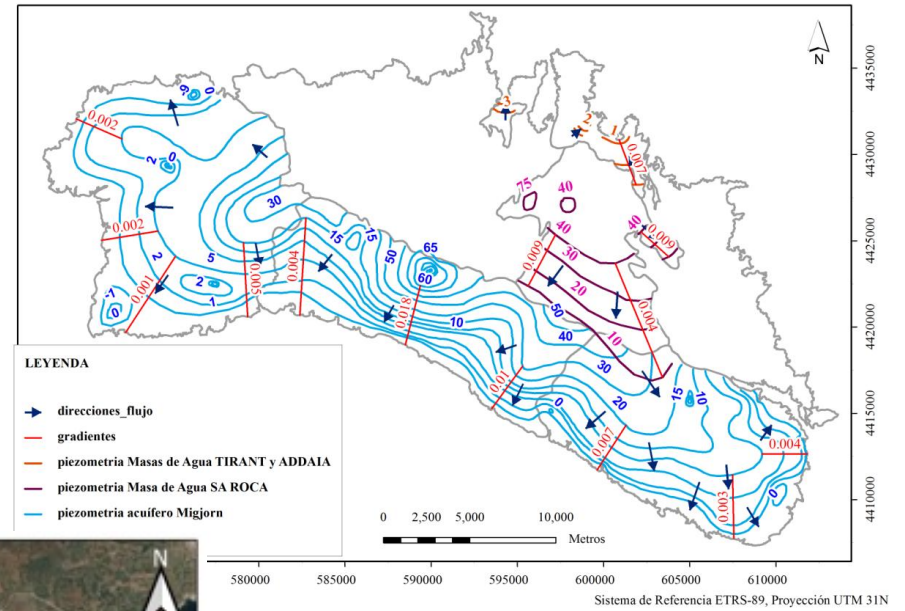
Hidrogeología

- Acuífero terciario carbonatado



Piezometría

- Flujo de agua hacia el mar
- Cota +3.5 msnm en la zona de ensayo (aprox)
- NF 60 m en la zona de trabajo



Composición química del agua

- cloruros



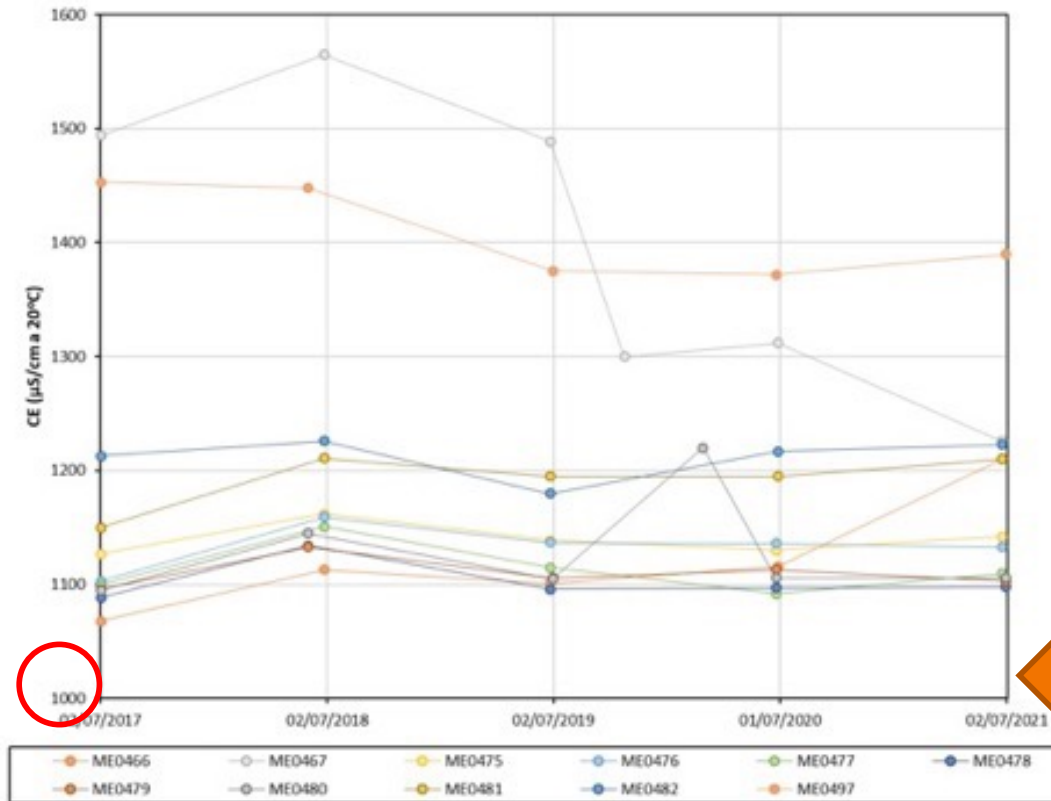
Composición química del agua

- nitratos



Composición química del agua

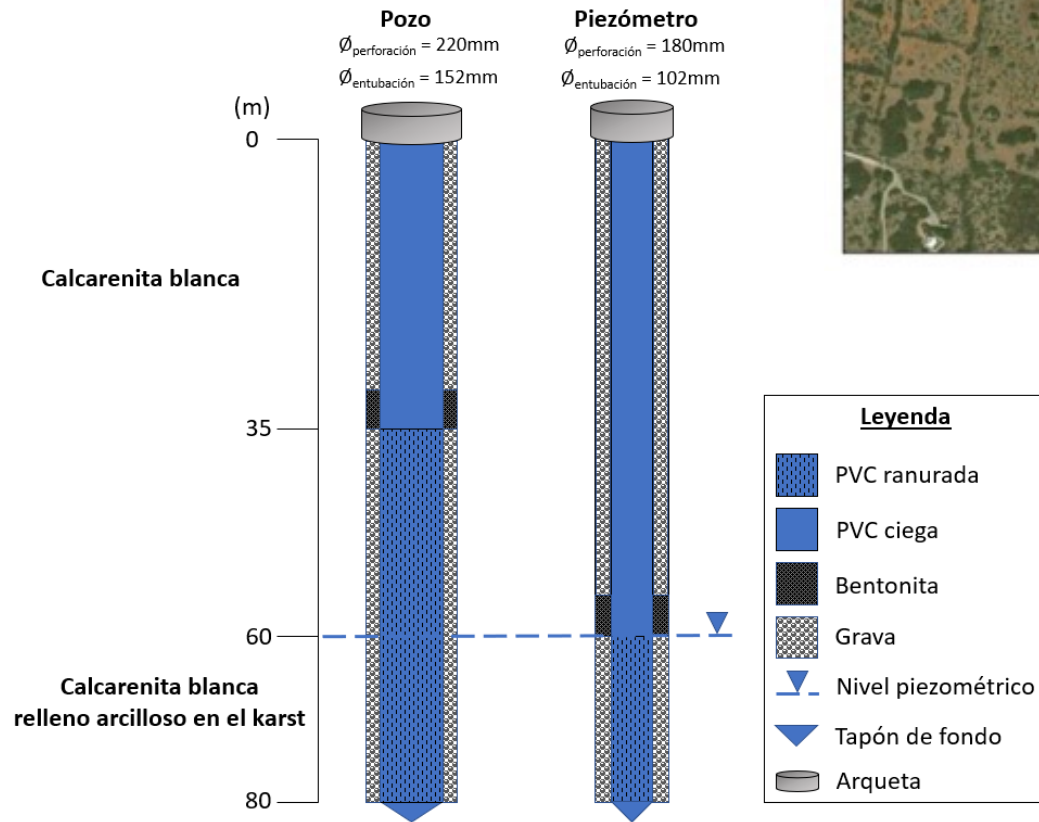
- C.E.



agua de inyección:
600 microS/cm
después re-mineralización

Prueba de inyección

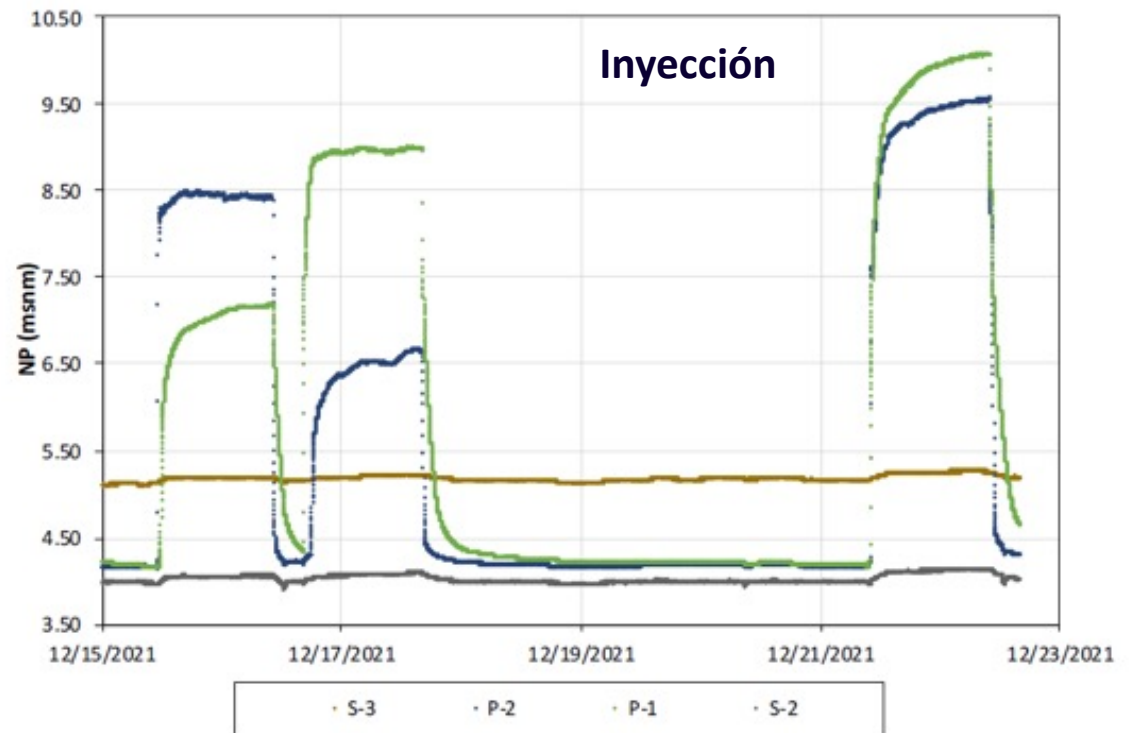
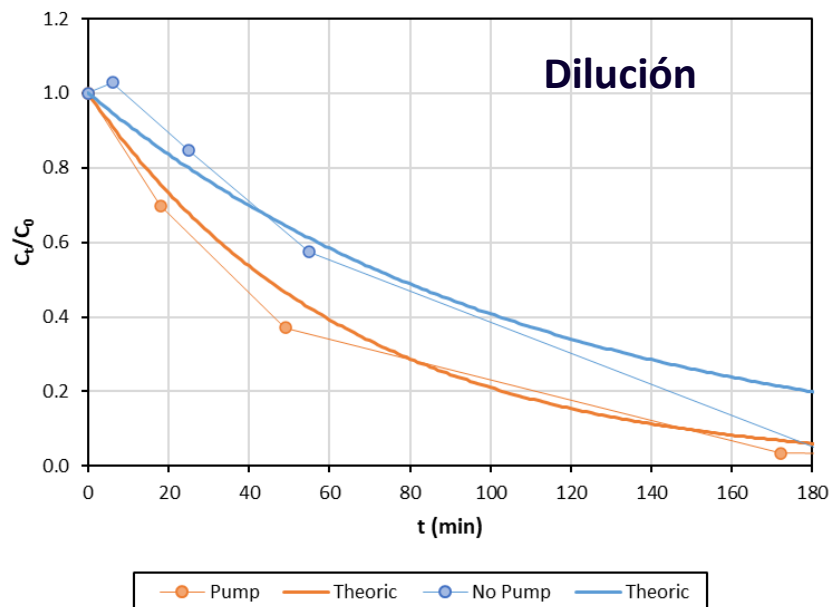
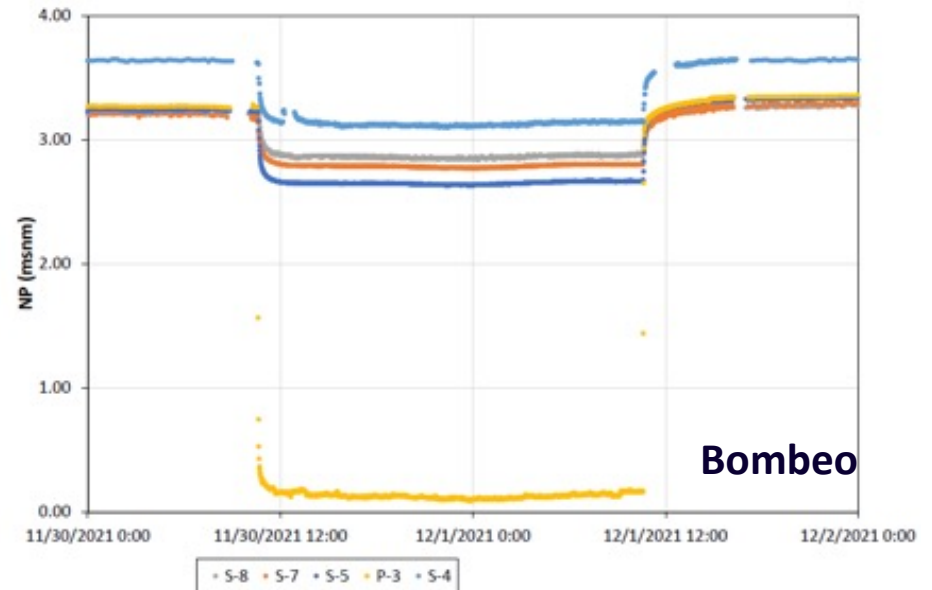
- Caracterización a escala local



Caracterización

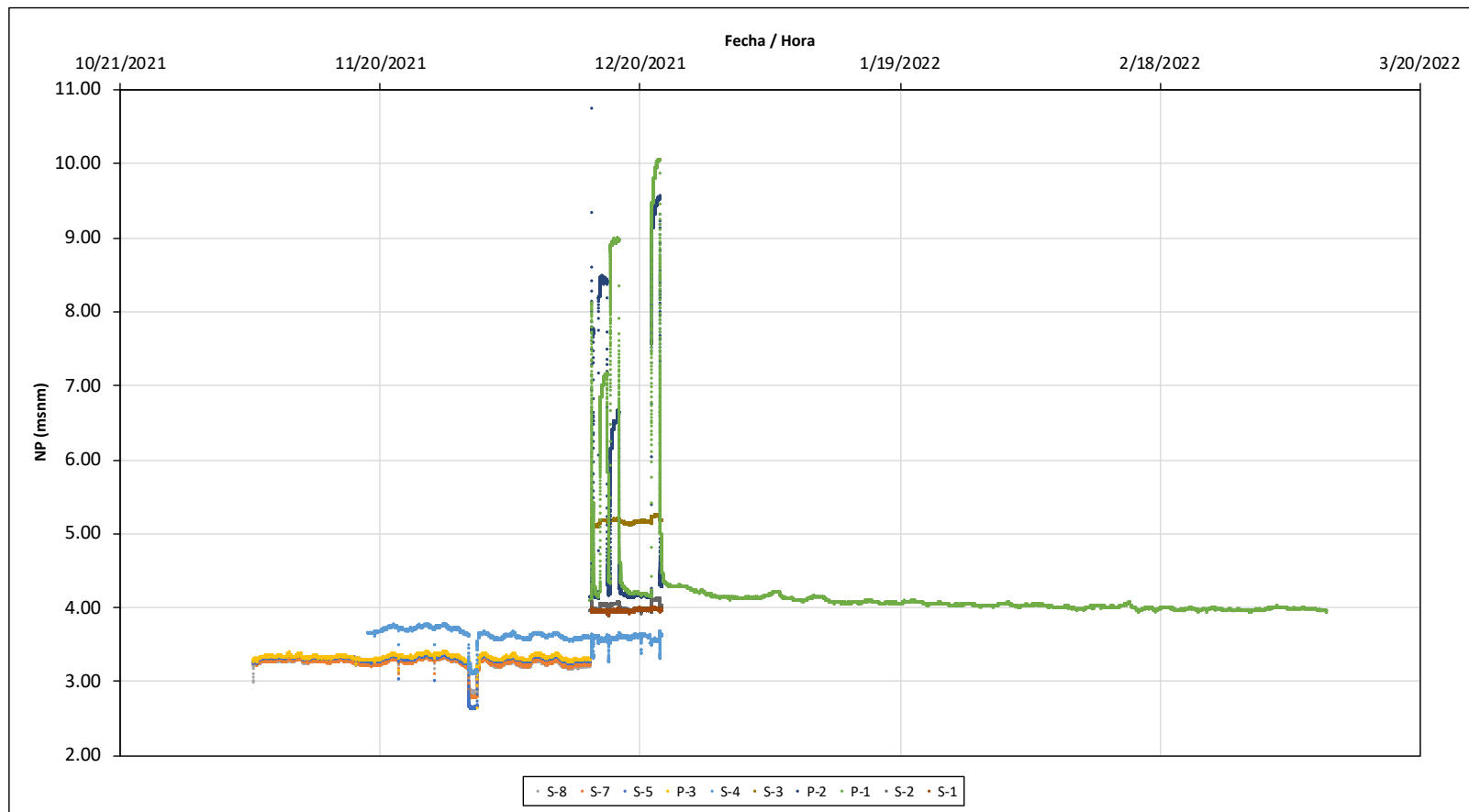
- **10 nuevos piezometros y 2 pozos (70-80 m)**
- **24h ensayo de bombeo**
- **24h ens. de inyección (50 m³/d x pozo)**
- **24h ens. de inyección (50 +50 m³/d)**
- **Ens dilución (antes y durante los ensayos)**

T=200-300 m²/d



Control permanente

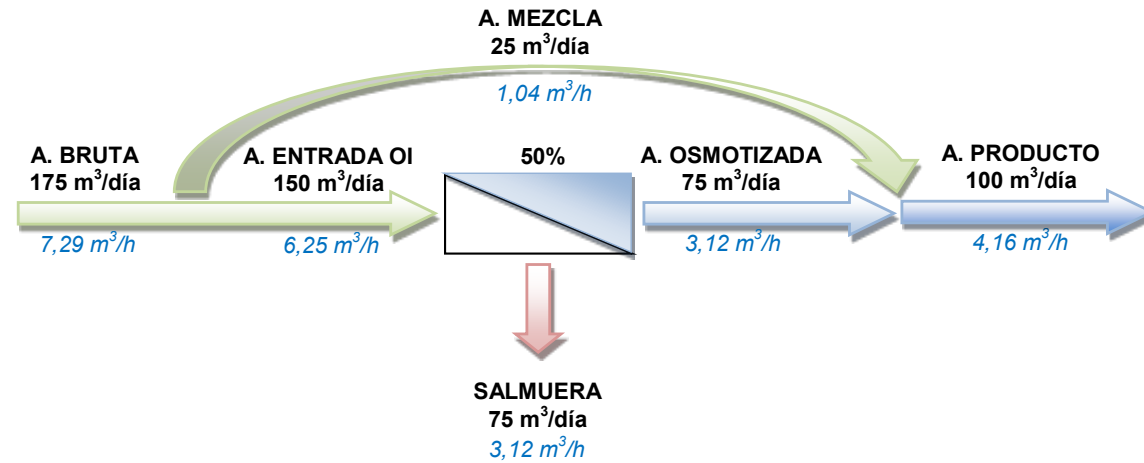
- control piezométrico en 5 sondeos y dos pozos
- control de la CE en dos sondeos y en los pozos de inyección
- muestreos mensuales



Planta de ósmosis. LOCALIZACION



Síntesis proceso



		Agua regenerada	Agua osmotizada	Agua remineralizada
Temperatura	°C	20	20	20
Ca	mg/L	76,5	0,58	19,6
Mg	mg/L	54,0	0,13	13,6
Na	mg/L	333,3	4,36	112,1
K	mg/L	29,0	0,36	7,5
NH4	mg/L	2,0	0,05	0,5
Fe	mg/L	0,0	0,0	0,0
HCO3	mg/L	389,0	4,26	167,6
Cl	mg/L	582,6	5,95	150,1
SO4	mg/L	74,0	0,11	18,6
NO3	mg/L	14,0	1,1	4,3
F	mg/L	0,0	0,0	0,0
Br	mg/L	0,0	0,0	0,0
B	mg/L	0,23	0,19	0,2
SiO2	mg/L	0,0	0,0	0,0
PO4	mg/L	16,5	0,01	4,1
CO3	mg/L	1,214	<0,01	0,1
CO2	mg/L	14,87	117,2	43,4
TDS	mg/L	1.572	17	498,4
EC 20°C	μS/cm	2.314	33,1	787,1

Planta de ósmosis. ESTRUCTURA

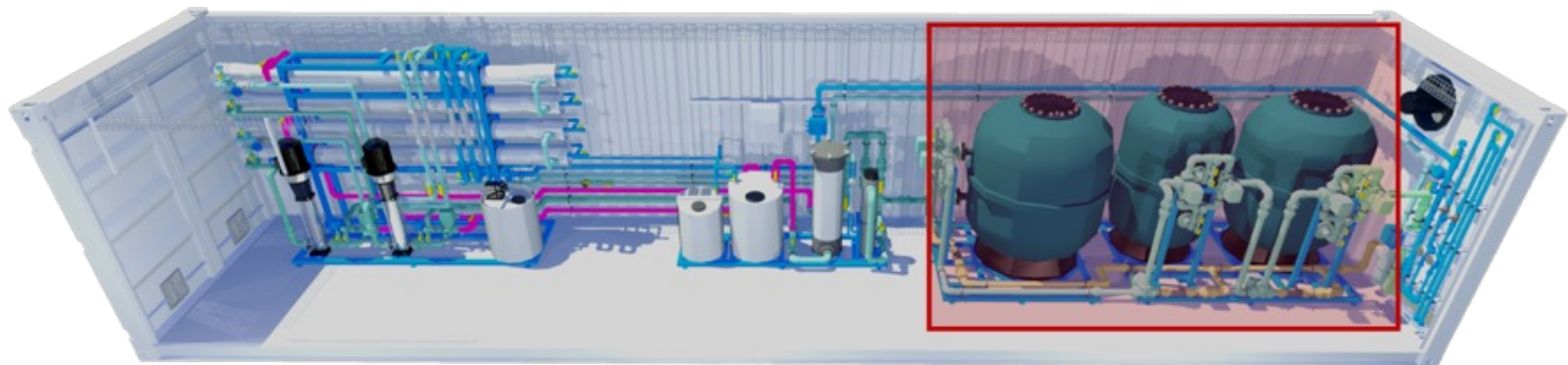


PRETRATAMIENTO

Filtro 1: D1.200 mm – Multicapa arena de sílice-antracita

Filtro 2: D1.050 mm – Multicapa arena de sílice

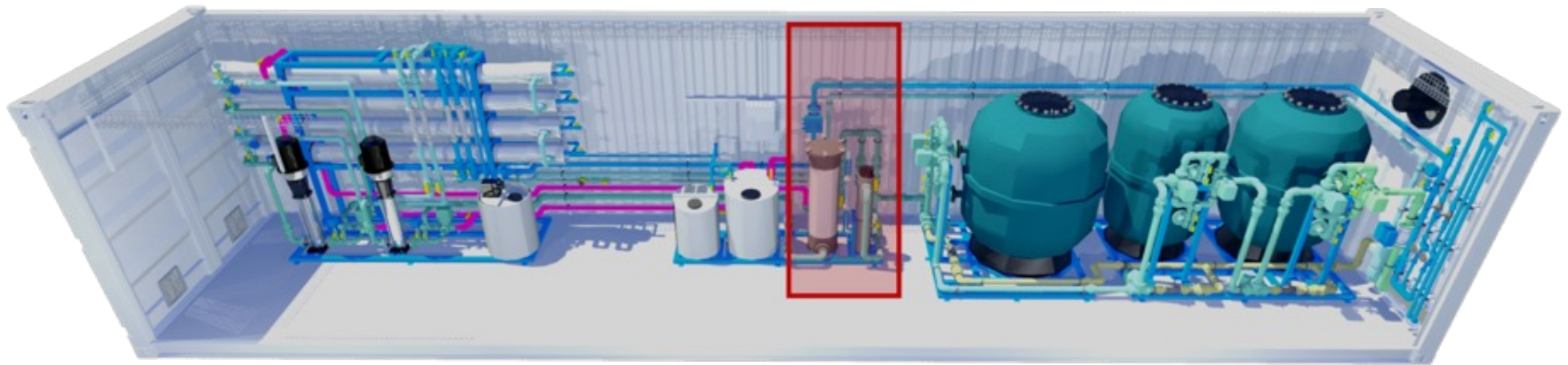
Filtro 3: D1.400 mm – Carbón activo



Planta de ósmosis. ESTRUCTURA

PRETRATAMIENTO

Desinfección: Lámparas ultravioleta 2x
Filtración de seguridad: Cartuchos 9 x 5 μm



PRETRATAMIENTO

Ajuste pH agua bruta: Ácido clorhídrico
Inhibidor de incrustaciones: Antiincrustante



Planta de ósmosis. ESTRUCTURA

ÓSMOSIS INVERSA

Trenes: (1+1) Ud 100 m³/día
Bombas de alta presión: (1+1) Ud x 3 kW
Tubos de presión: (2+2) Ud Tres elementos
Membranas: (6+6) Ud. 37,0 m²



SISTEMAS AUXILIARES

Depósito desplazamiento: 200 L
Depósito limpieza química: 200 L



Planta de ósmosis. ESTRUCTURA

INSTRUMENTOS

ANÁLISIS:

Agua alimentación: Conductividad, pH, REDOX

Agua tratada: Conductividad, pH

CAUDAL:

Agua bruta

Permeado: RO1, RO2.

Agua tratada: Pozo inyección 1 y 2

PRESIÓN:

Manómetros: Todos los puntos de proceso.

Presostatos: Protección equipos de bombeo, colmatación filtros.

NIVEL:

Interruptores: Todos los depósitos

Sensor: Pozo de inyección 1 y 2.

ELECTRICIDAD Y CONTROL

ELECTRICIDAD:

Armario 1.800 x 1.000 x 400 mm.

Protección general magnetotérmica y diferencial

Protección magnetotérmica cargas

Fuente de alimentación conmutada 24 Vdc x 240W

SAI 1.000 VA

Comunicaciones: Router 4G

CONTROL:

Autómata: Siemens 62 DI / 42 DO / 10 AI / 2 AO

SCADA: PC panel táctil. Siemens WINCC

Comunicaciones: Router 4G

OTROS

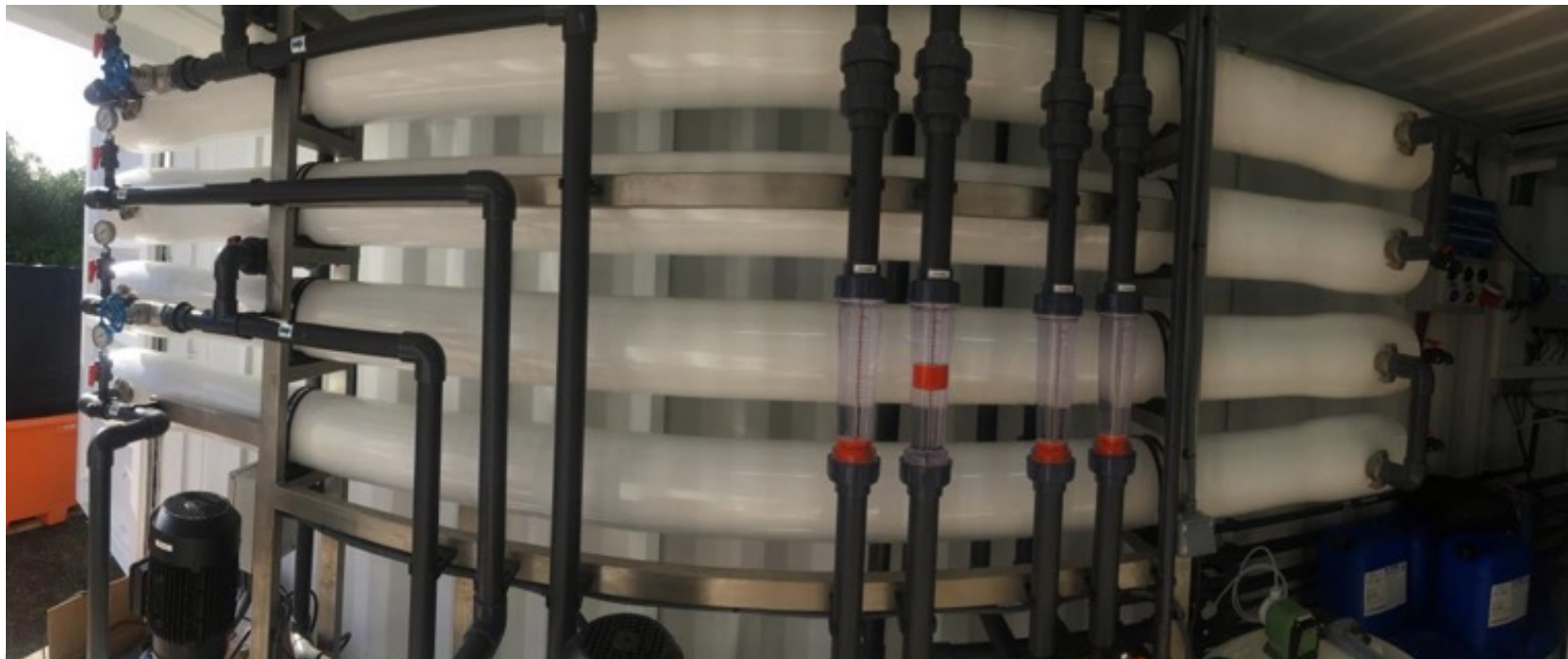
Suministro contenedor marino 40'

Alumbrado: LED 3x36W IP65

Ventilación: Extractor 0,37 kW Qmax:6380 m³/h



Planta de ósmosis. MONTAJE

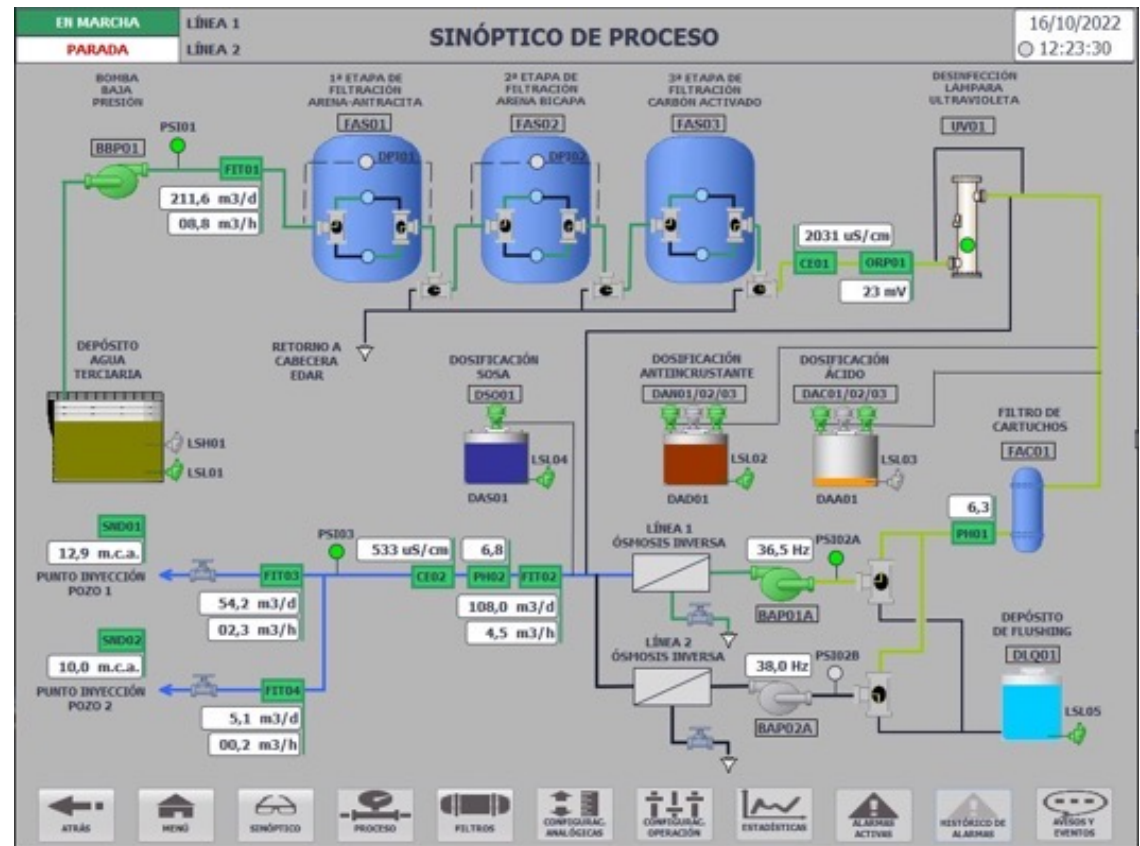






Planta de ósmosis. MONTAJE



Planta de ósmosis. MONTAJE





EN MARCHA LÍNEA 1 PARADA LÍNEA 2		OPERACIÓN		16/10/2022 12:21:44											
PRETRATAMIENTO			INSTRUMENTACIÓN												
ESTADO BOMBAS COMUNES L1-L2 <input checked="" type="checkbox"/> BBP01 - B. baja presión COMÚN <input checked="" type="checkbox"/> DAN03 - D. antiincrustante COMÚN <input checked="" type="checkbox"/> DAC03 - D. ácido clorh. COMÚN <input checked="" type="checkbox"/> DSO01 - D. sosa cáustica COMÚN		VALVULAS FILTRACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> FILTRANDO VTE01 - Válvula entrada filtro FAS01 <input checked="" type="checkbox"/> FILTRANDO VTE02 - Válvula salida filtro FAS01 <input checked="" type="checkbox"/> FILTRANDO VTE03 - Válvula desagüe filtro FAS01 <input checked="" type="checkbox"/> FILTRANDO VTE04 - Válvula entrada filtro FAS02 <input checked="" type="checkbox"/> FILTRANDO VTE05 - Válvula salida filtro FAS02 <input checked="" type="checkbox"/> FILTRANDO VTE06 - Válvula desagüe filtro FAS02 <input checked="" type="checkbox"/> FILTRANDO VTE07 - Válvula entrada filtro FAS03 <input checked="" type="checkbox"/> FILTRANDO VTE08 - Válvula salida filtro FAS03 <input checked="" type="checkbox"/> FILTRANDO VTE09 - Válvula desagüe filtro FAS03		CAUDALES FIT01 - Caudalímetro agua bruta 08,8 m3/h FIT01 - Totalizador agua bruta 000724 m3 FIT02 - Caudalímetro producto total 04,5 m3/h FIT02 - Totalizador producto total 000575 m3 FIT03 - Caudalímetro inyección pozo 1 00,2 m3/h FIT03 - Totalizador inyección pozo 1 000185 m3 FIT04 - Caudalímetro inyección pozo 2 00,2 m3/h FIT04 - Totalizador inyección pozo 2 000167 m3											
PRESOSTATOS PRETRATAMIENTO <input checked="" type="checkbox"/> PSI01 - Presostato impulsión B. baja COMÚN <input checked="" type="checkbox"/> PSI03 - Presostato tubería permeado COMÚN <input type="checkbox"/> DPI01 - Presostato diferencial FAS01 <input type="checkbox"/> DPI02 - Presostato diferencial FAS02		LÍNEA 1 ÓSMOSIS LÍNEA 1 - MARCHA/PARO AUTOMÁTICO <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  MARCHA </div> <div style="text-align: center;">  PARO </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>EN MARCHA</td> <td>000:04:56</td> </tr> <tr> <td>CUENTAHORAS L1</td> <td>072:08:43</td> </tr> </table>		EN MARCHA	000:04:56	CUENTAHORAS L1	072:08:43	LÍNEA 2 ÓSMOSIS LÍNEA 2 - MARCHA/PARO AUTOMÁTICO <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  MARCHA </div> <div style="text-align: center;">  PARO </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>PARADA</td> <td>000:00:00</td> </tr> <tr> <td>CUENTAHORAS L2</td> <td>000:43:40</td> </tr> </table>		PARADA	000:00:00	CUENTAHORAS L2	000:43:40	CONDUCTIVIDAD CE01 - Conductividad agua bruta 2031 uS/cm CE02 - Conductividad producto total 0519 uS/cm	
EN MARCHA	000:04:56														
CUENTAHORAS L1	072:08:43														
PARADA	000:00:00														
CUENTAHORAS L2	000:43:40														
ESTADO BOMBAS LÍNEA 1 <input checked="" type="checkbox"/> BAP01 - B. alta presión LÍNEA 1 <input checked="" type="checkbox"/> DAN01 - D. antiincrustante LÍNEA 1 <input checked="" type="checkbox"/> DAC01 - D. ácido clorh. LÍNEA 1		ESTADO BOMBAS LÍNEA 2 <input type="checkbox"/> BAP02 - B. alta presión LÍNEA 2 <input type="checkbox"/> DAN02 - D. antiincrustante LÍNEA 2 <input type="checkbox"/> DAC02 - D. ácido clorh. LÍNEA 2		REDOX ORP01 - Potencial REDOX agua bruta 0005 mV											
PRESOSTATOS LÍNEA 1 <input checked="" type="checkbox"/> PSI02A - Presostato asp. BAP01		PRESOSTATOS LÍNEA 2 <input checked="" type="checkbox"/> PSI02B - Presostato asp. BAP02		pH PH01 - pH agua bruta 06,3 PH02 - pH permeado total 06,9											
ESTADO VÁLVULA FLUSHING LÍNEA 1 <input checked="" type="checkbox"/> OPERACION VTE10 - Válvula entrada LÍNEA 1		ESTADO VÁLVULA FLUSHING LÍNEA 2 <input checked="" type="checkbox"/> FLUSHING VTE11 - Válvula entrada LÍNEA 2		SONDAS POZOS SND01 - Sonda nivel pozo 1 11,4 m.c.a. SND02 - Sonda nivel pozo 2 09,8 m.c.a.											
				NIVELES <input checked="" type="checkbox"/> LSL01 - Nivel bajo aporte <input type="checkbox"/> LSH01 - Nivel alto aporte <input checked="" type="checkbox"/> LSL02 - Nivel bajo antiincrustante <input type="checkbox"/> LSL03 - Nivel bajo ácido clorhídrico <input checked="" type="checkbox"/> LSL04 - Nivel bajo hidróxido sódico <input checked="" type="checkbox"/> LSL05 - Nivel bajo flushing/CIP											

 ATRÁS	 MENÚ	 SINÓPTICO	 PROCESO	 FILTROS	 CONFIGURAC. ANALÓGICAS	 CONFIGURAC. OPERACIÓN	 ESTADÍSTICAS	 ALARMAS ACTIVAS	 HISTÓRICO DE ALARMAS	 AVISOS Y EVENTOS
---	--	---	---	---	---	---	--	---	--	--

EN MARCHA

LÍNEA 1

ESTADO Y CONFIGURACIÓN ENTRADAS ANALÓGICAS

16/10/2022

PARADA

LÍNEA 2

12:24:45

PH01 - pHMETRO APORTE

ACTUAL

ALARM

HIGH

LOW

WARNING

HIGH

LOW

ESTADO

HABILITAR

IW152

PH02 - pHMETRO PROD.

ACTUAL

ALARM

HIGH

LOW

WARNING

HIGH

LOW

ESTADO

HABILITAR

IW154

CE01 - CONDUCT. APORTE

ACTUAL

ALARM

HIGH

LOW

WARNING

HIGH

LOW

ESTADO

HABILITAR

IW146

CE02 - CONDUCT. PROD.

ACTUAL

ALARM

HIGH

LOW

WARNING

HIGH

LOW

ESTADO

HABILITAR

IW148

ORP01 - REDOX APORTE

ACTUAL

ALARM

HIGH

LOW

WARNING

HIGH

LOW

ESTADO

HABILITAR

IW150

FIT02 - CAUDAL PRODUCTO

ACTUAL

ALARM

HIGH

LOW

WARNING

HIGH

LOW

ESTADO

HABILITAR

IW144

SND01 - NIVEL POZO 1

MEDIDA SONDA

ALARM

HIGH

LOW

WARNING

HIGH

LOW

ESTADO

HABILITAR

IW156

PROFUNDIDAD DE LA SONDA

PROFUNDIDAD NIVEL AGUA

SND02 - NIVEL POZO 2

MEDIDA SONDA

ALARM

HIGH

LOW

WARNING

HIGH

LOW

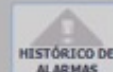
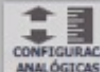
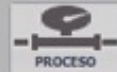
ESTADO

HABILITAR

IW158

PROFUNDIDAD DE LA SONDA

PROFUNDIDAD NIVEL AGUA

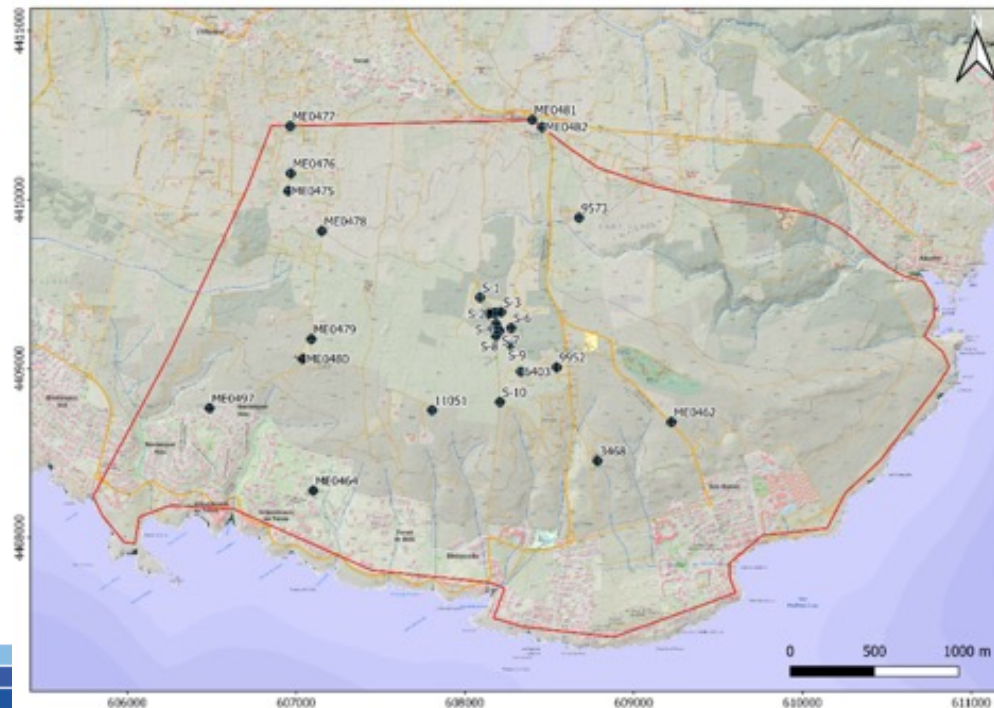
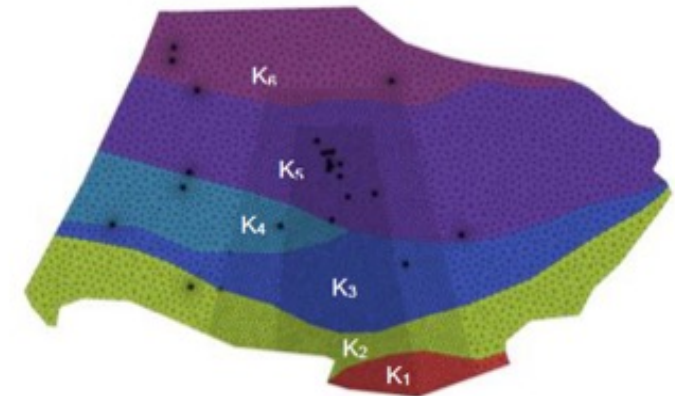
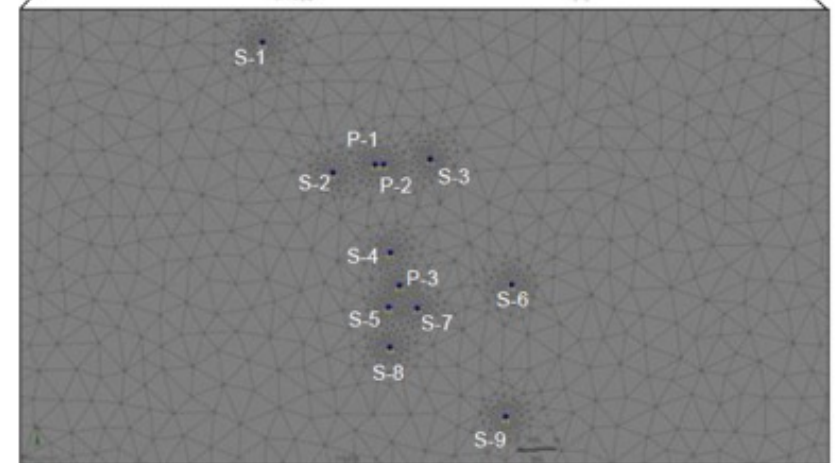
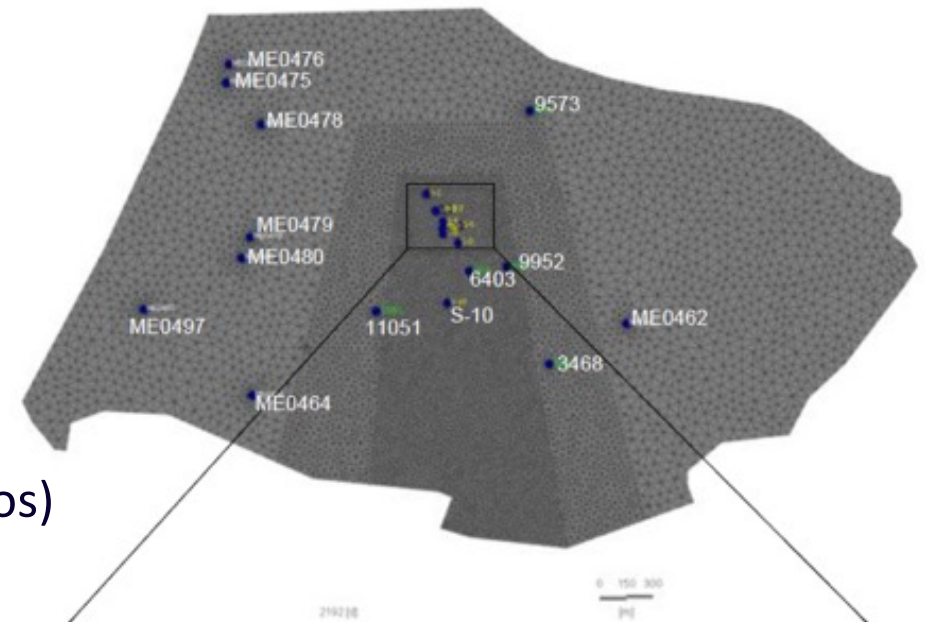


Modelo numérico preliminar

- Flujo y transporte transitorios en FEFLOW

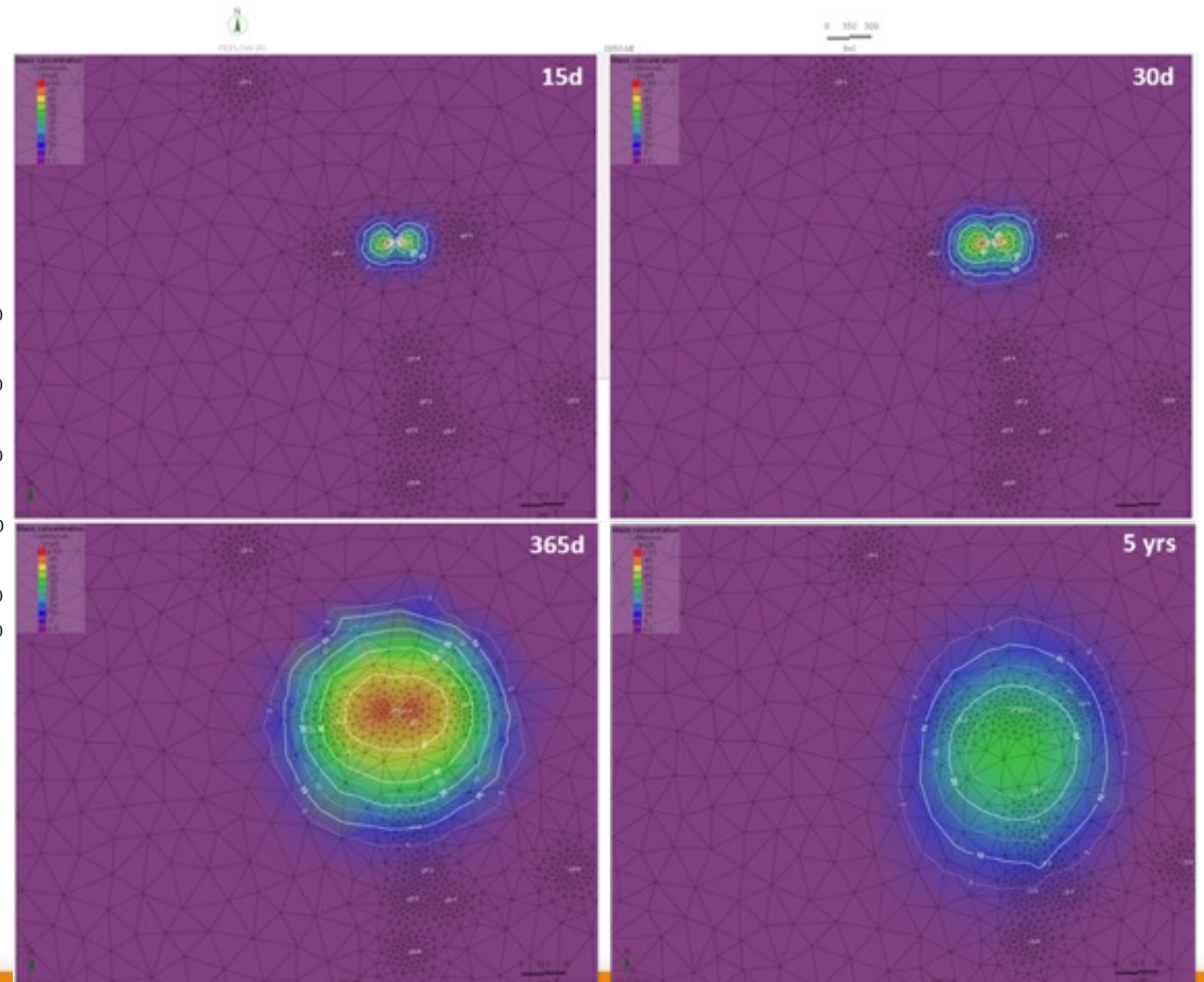
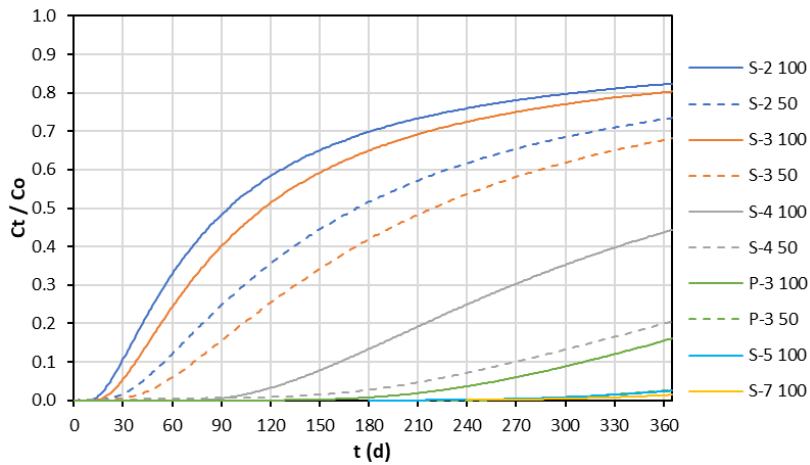
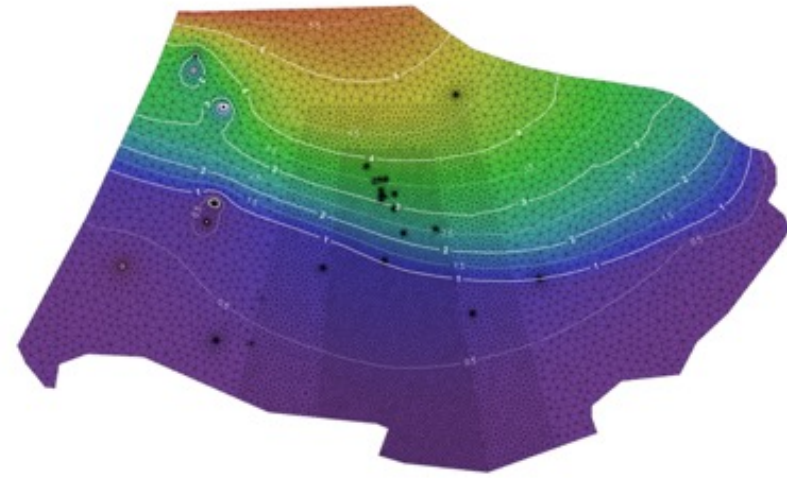
5 años de simulación

- 1 año de **inyección de agua** ($50 \text{ m}^3/\text{d}$ x 2 pozos)
- 4 años sin inyección



Resultados

- Reproduce la piezometría local y los conos de bombeo
- Inyección simulada durante 1+4 años
- Bajo impacto local (<100m radio)
- Puntos de control bien ubicados



Conclusiones preliminares

- El área es apropiada para el ensayo piloto
- Se espera mejorar el agua del acuífero
- El impacto del piloto será limitado en el espacio



Videos caracterización

https://www.linkedin.com/posts/jordi-guimera-33125913_amphos21-northline-hidrogeologaeda-activity-6906861887737499648-hB2D?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

https://www.linkedin.com/posts/jordi-guimera-33125913_amphos21-northline-hidrogeologaeda-activity-6906862446892732416-XObc?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

https://www.linkedin.com/posts/jordi-guimera-33125913_amphos21-northline-hidrogeologaeda-activity-6906862817186873344-8Qpc?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

https://www.linkedin.com/posts/jordi-guimera-33125913_amphos21-northline-hidrogeologaeda-activity-6906863768102711296-GiLL?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

Videos Puesta en marcha

- <https://www.youtube.com/watch?v=LUqaRxp8djg>

Inauguración

- <https://youtu.be/OKAiKnhRXXo>

<https://ib3.org/laquifer-de-sant-lluis-ja-rep-aigua-procedent-de-la-depuradora>

AMPHOS²¹



ESPAÑA

C. Venezuela, 103, 2ª planta
08019 Barcelona
Tel.: +34 93 583 05 00



Paseo de la Castellana 40, 8ª Planta
28046 Madrid
Tel.: +34 620634729



CHILE

Avda. Nueva Tajamar, 481
WTC – Torre Sur – Of 1005
Las Condes, Santiago
Tel.: +562 2 7991630



PERÚ

Av. Primavera 785, Int. 201,
Urb. Chacarilla - San Borja
Lima 41
Tel.: +51 1 592 1275



www.amphos21.com

Muchas
gracias por
SU
atención



jordi.guimera@amphos21.com

member of

RSK

www.rskgroup.com/rsk-businesses/