

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



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



asersa

www.amphos21.com

www.rskgroup.com/rsk-businesses/

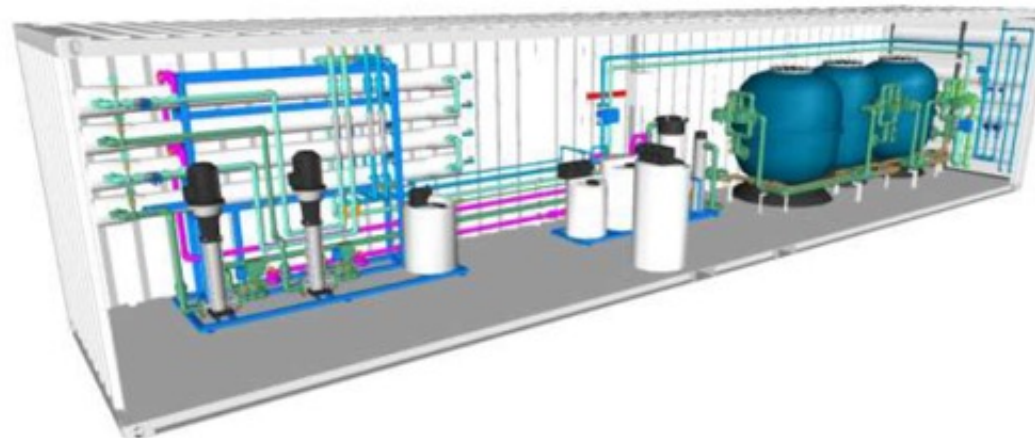
Estructura de la presentación

- 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)

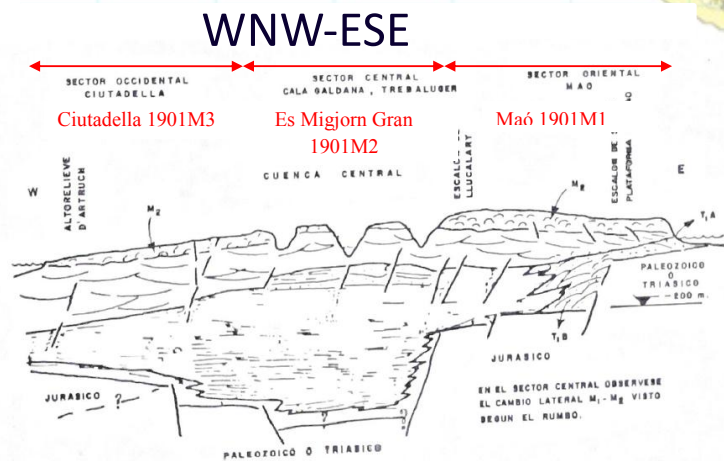
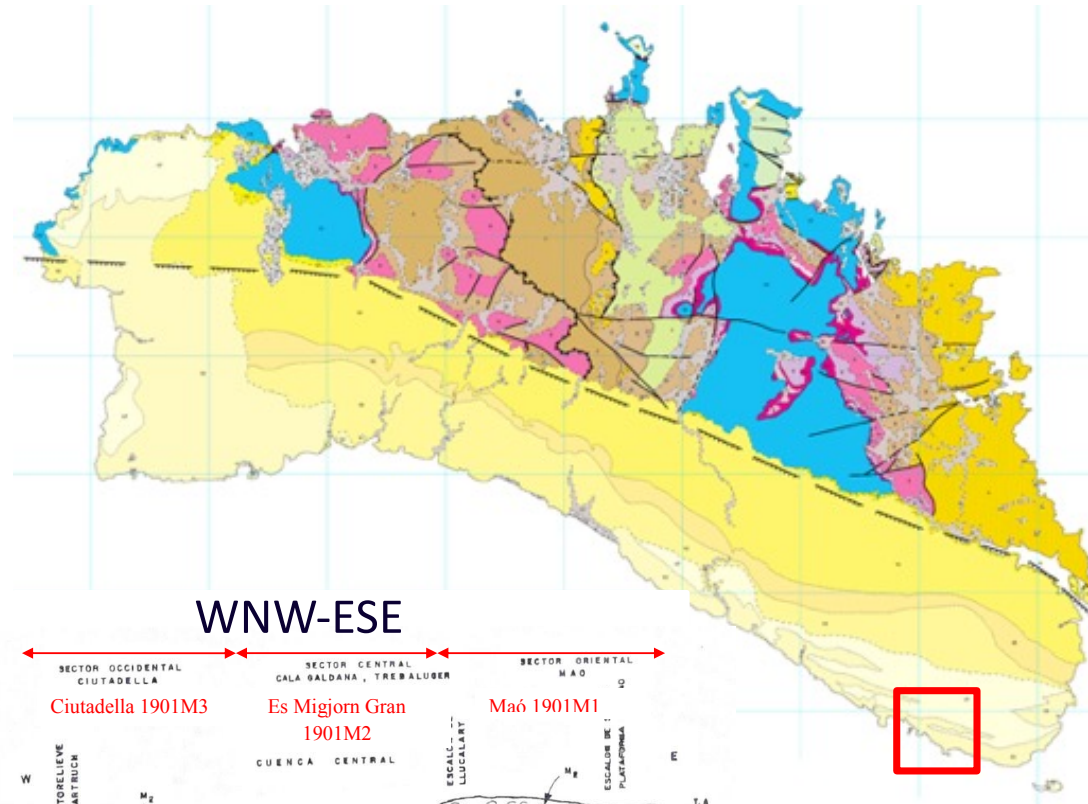
- Sant Lluís, Menorca
- Planta piloto para tratar agua de residual urbana
 - Microfiltración
 - Descloración
 - Desinfección
 - Remineralización
- Inyección de dos pozos **100 m³/d**
- **zona de bajo gradiente**
- Afectado por **Coliformes, Cl and NO₃**

Ósmosis

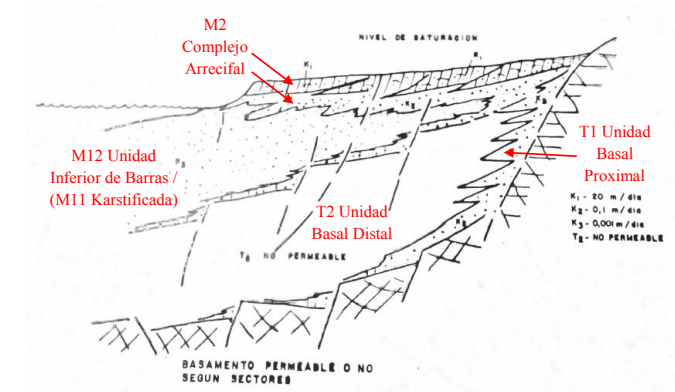


Hidrogeología

- Acuífero terciario carbonatado

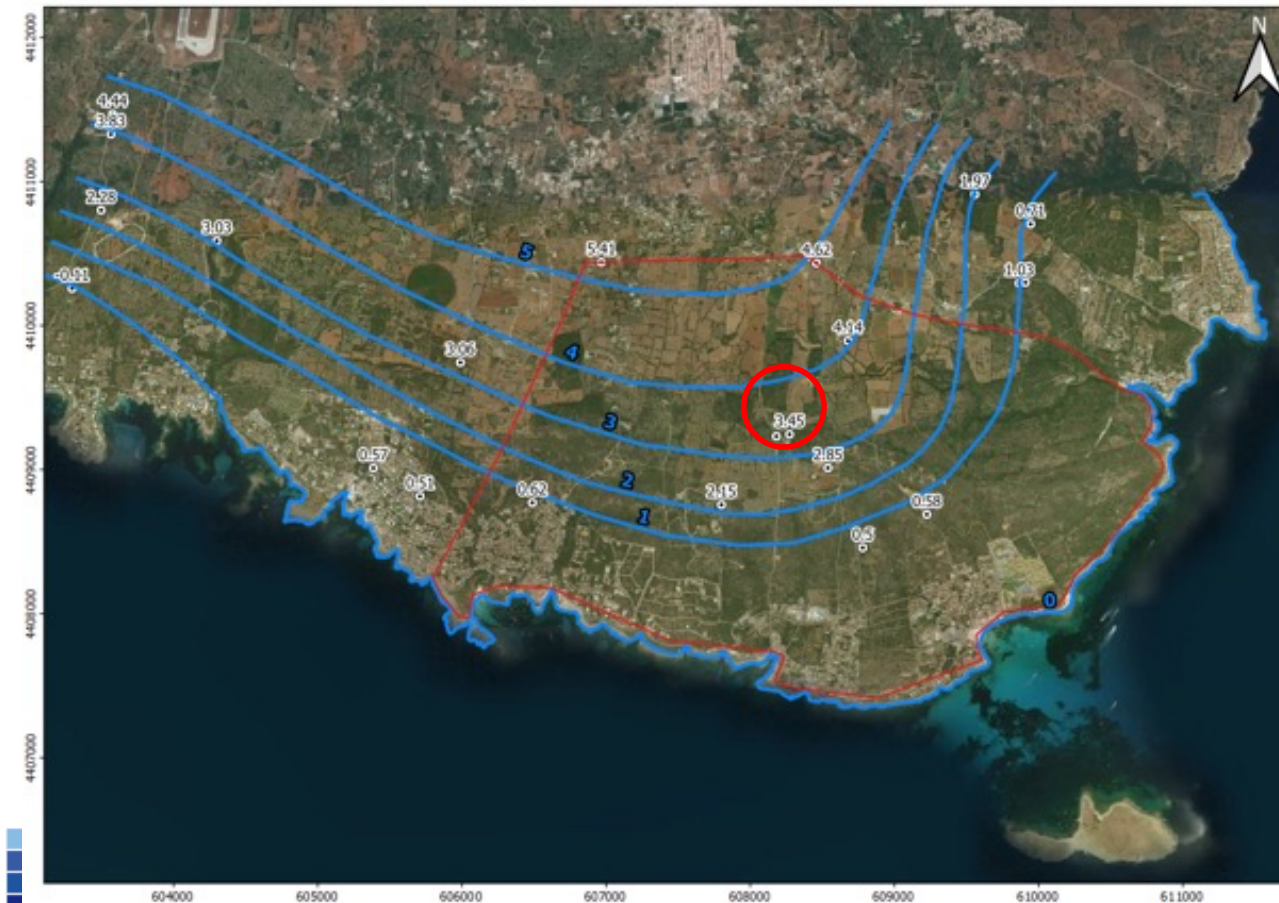
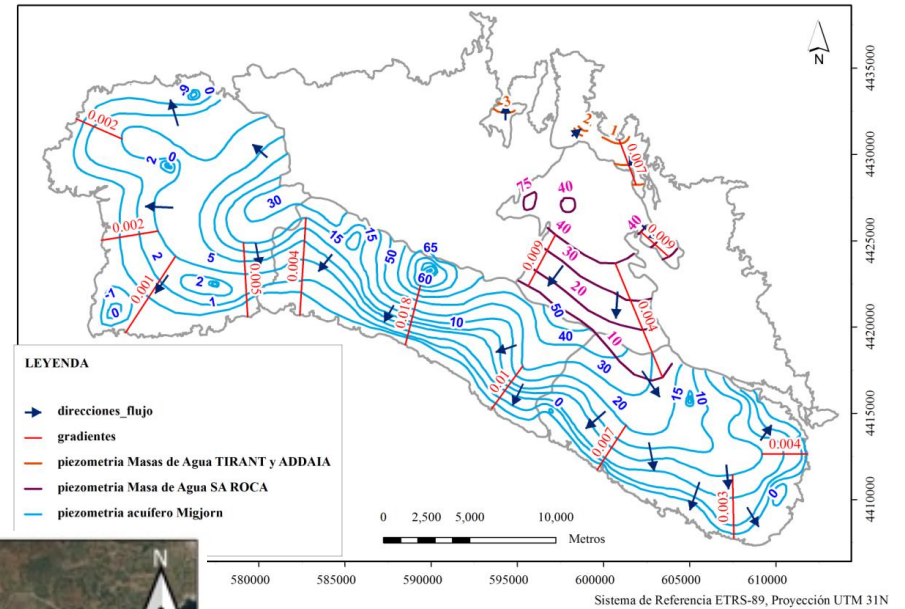


SW-NE



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



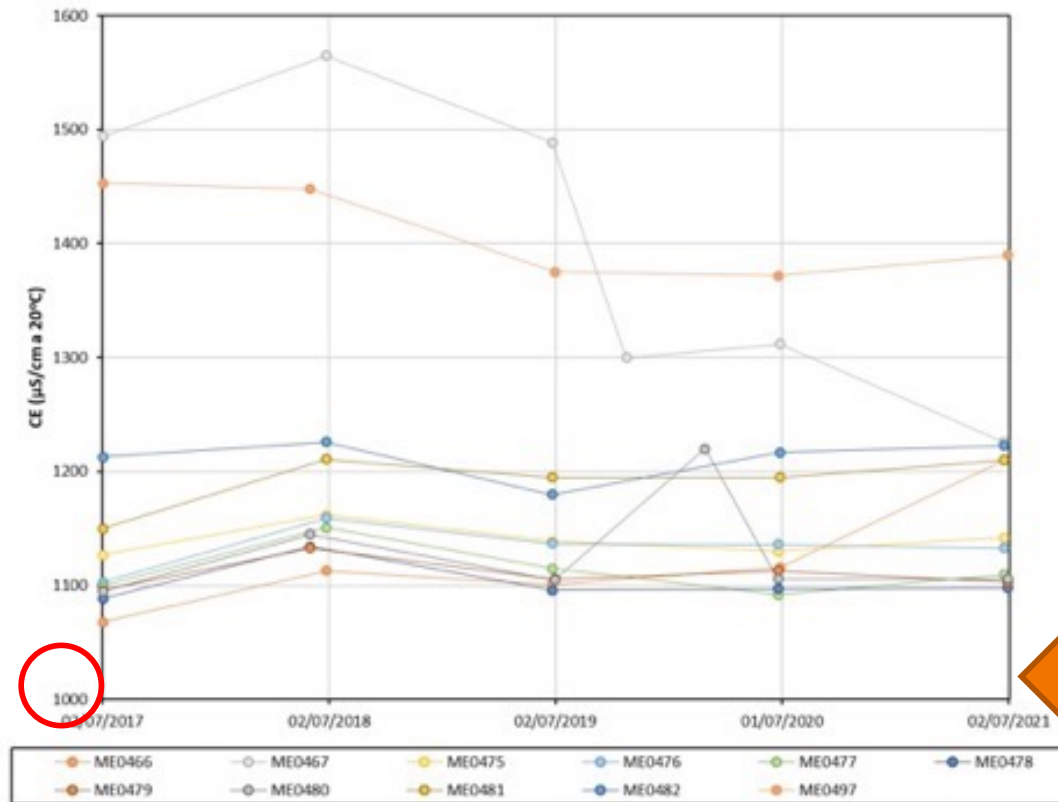
Composición química del agua

- nitratos



Composición química del agua

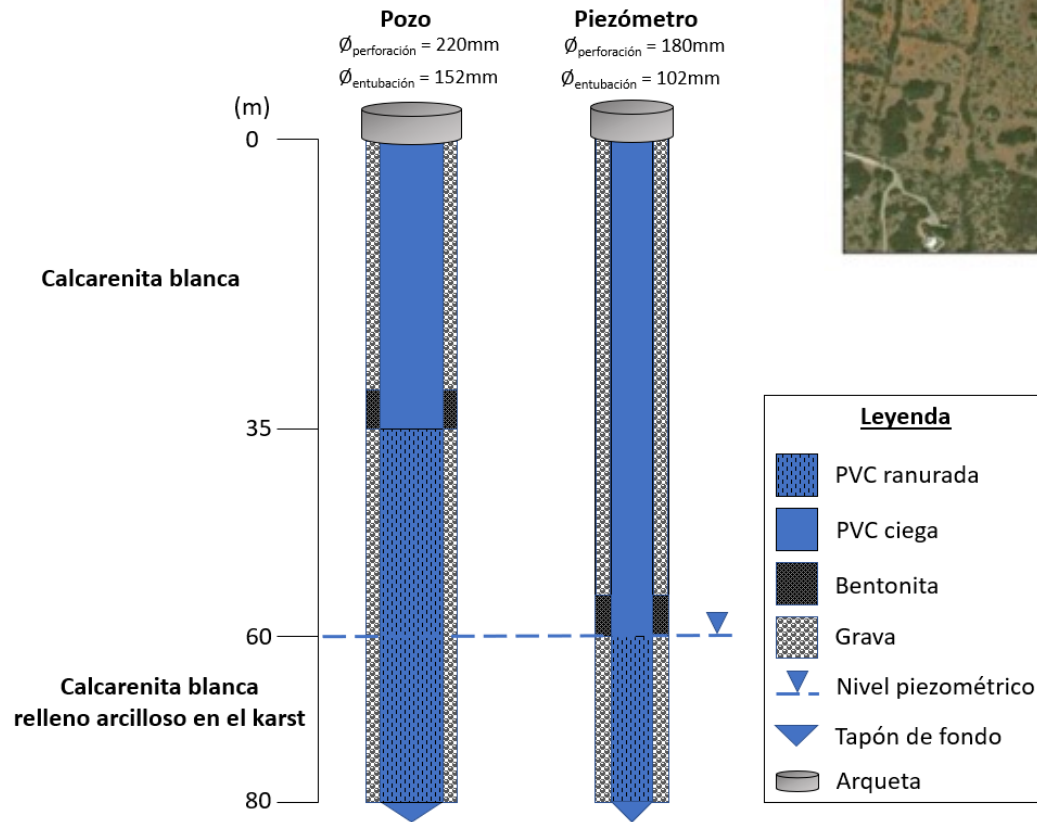
- C.E.



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

Prueba de inyección

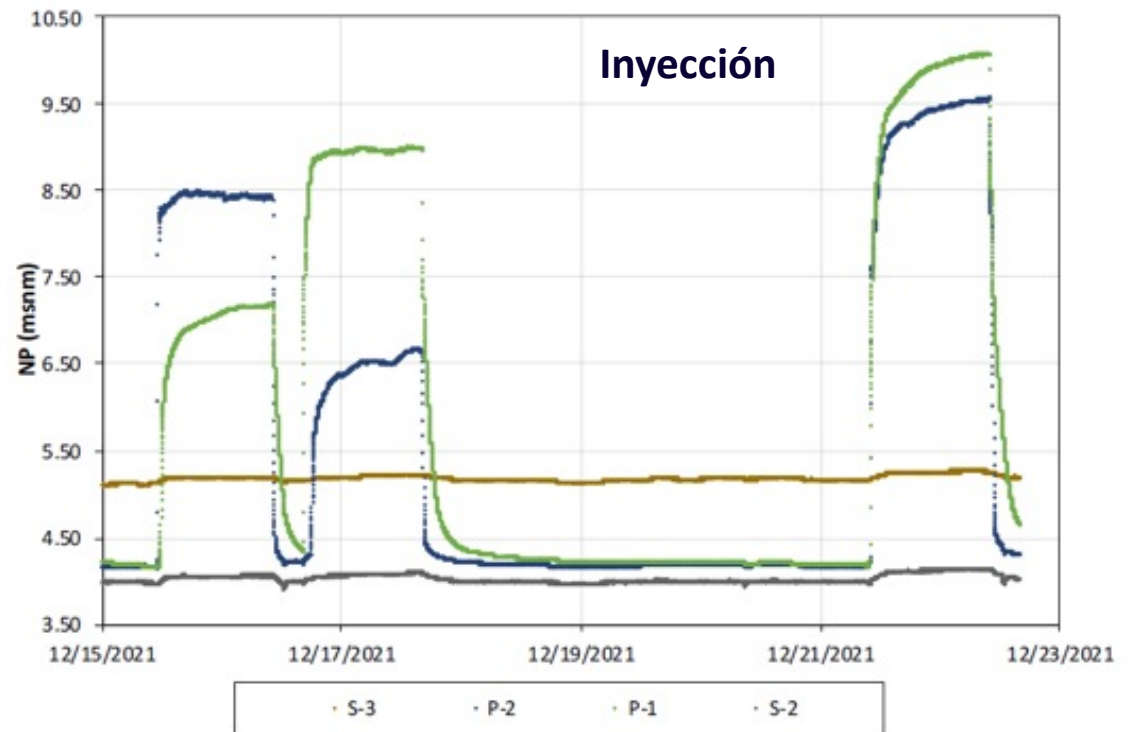
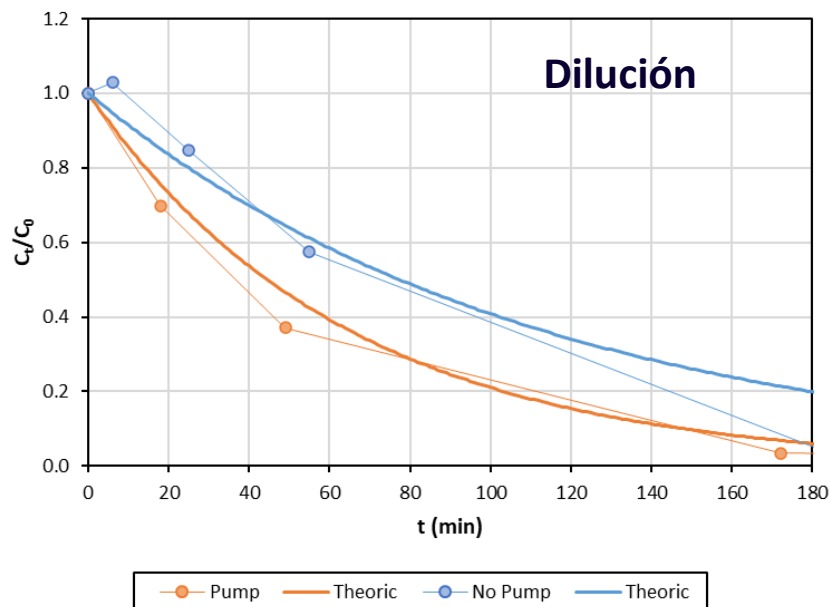
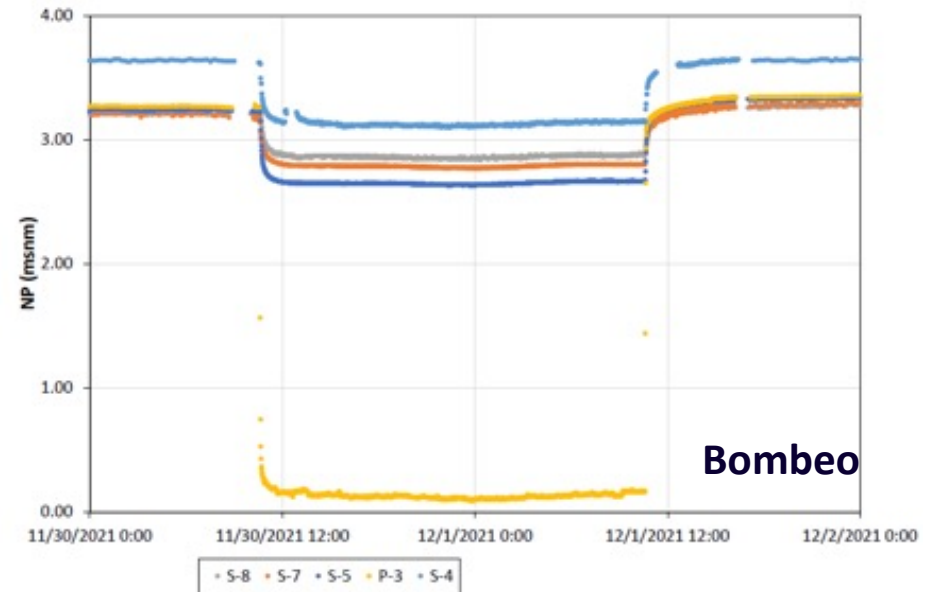
- Caracterización a escala local



Caracterización

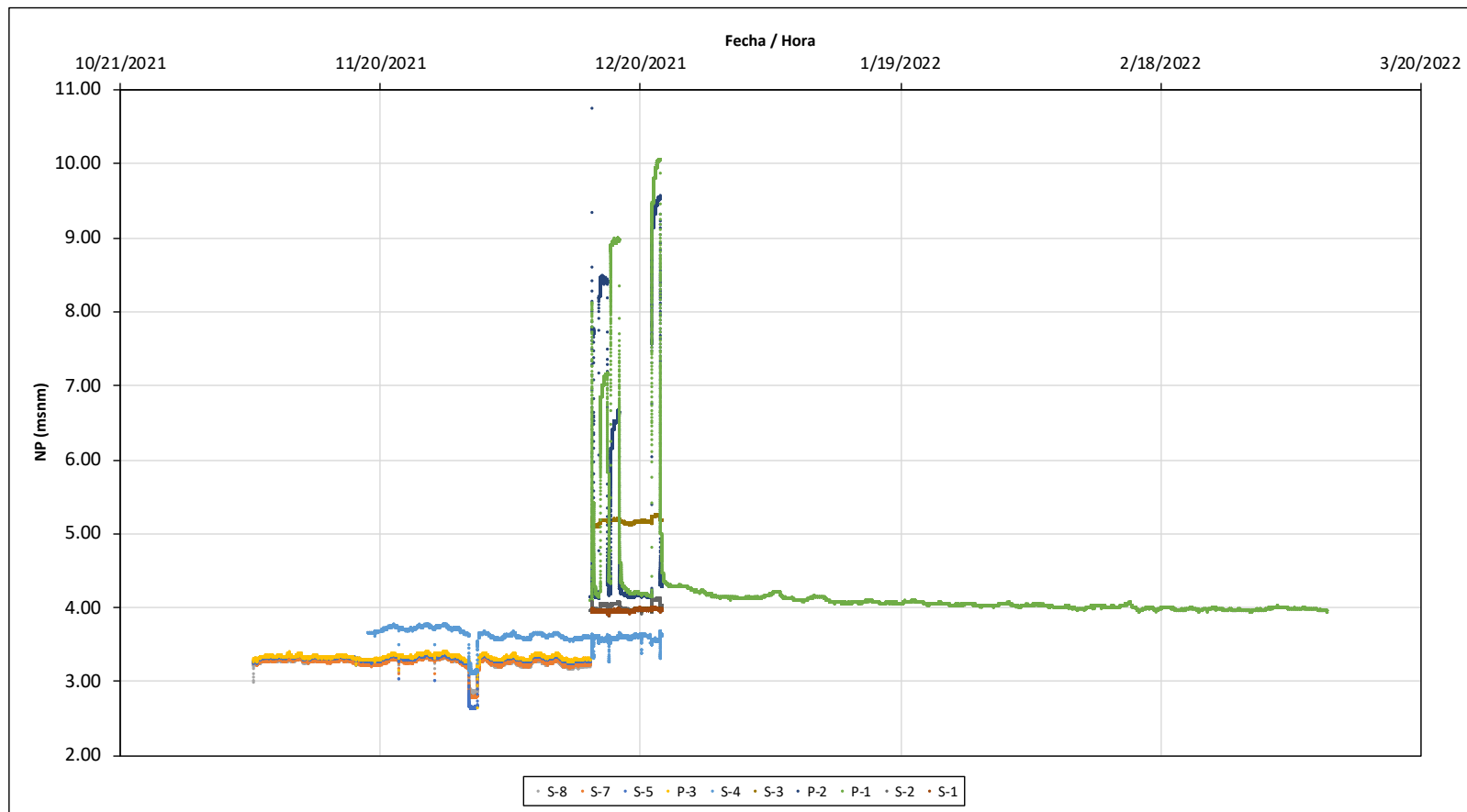
- **10 nuevos piezómetros y 2 pozos** (70-80 m)
- **24h ensayo de bombeo**
- **24h ens. de inyección** (50 m³/d x pozo)
- **24h ens. de inyección** (50 +50 m³/d)
- **Ens dilución** (antes y durante los ensayos)

$T=200-300 \text{ m}^2/\text{d}$



Control permanente

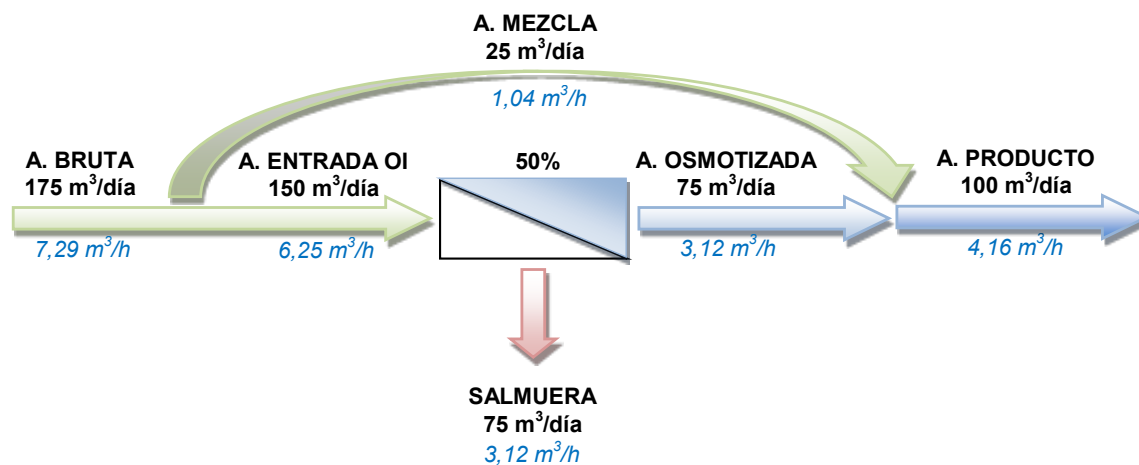
- control piezométrico en 5 sondeos y dos pozos
- control de la CE en dos sondeos y en los pozos de inyección
- muestreos mensuales



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

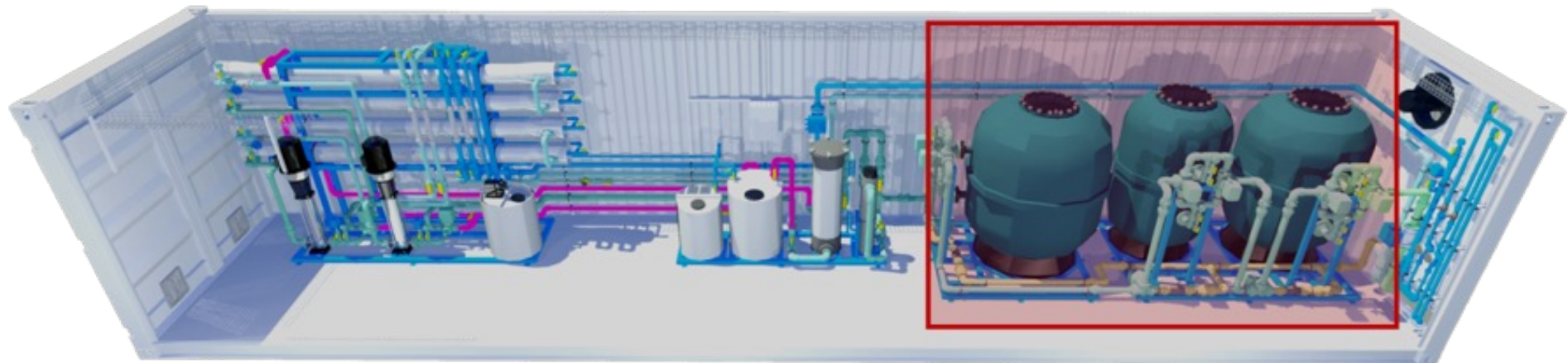


PRETRATAMIENTO

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

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

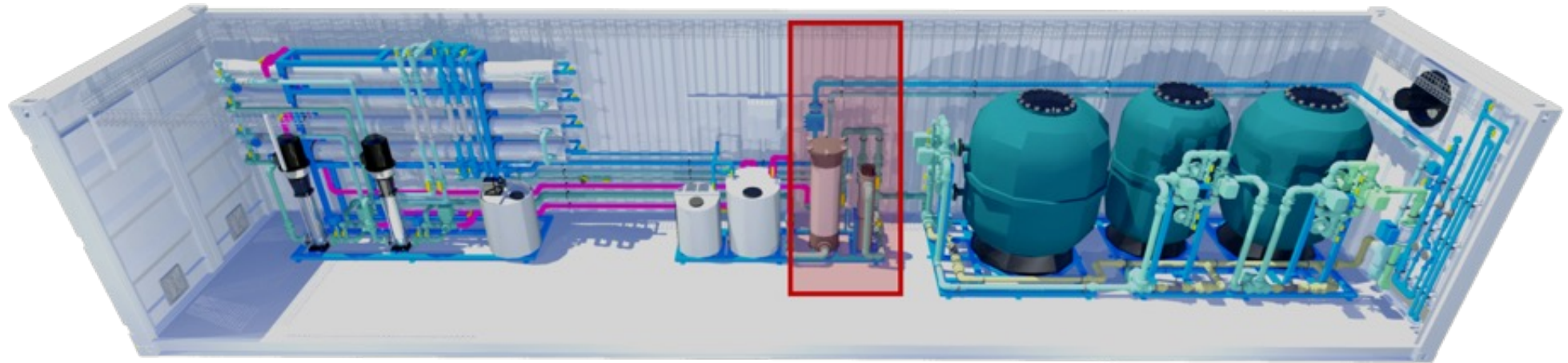
Filtro 3: D1.400 mm – Carbón activo



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

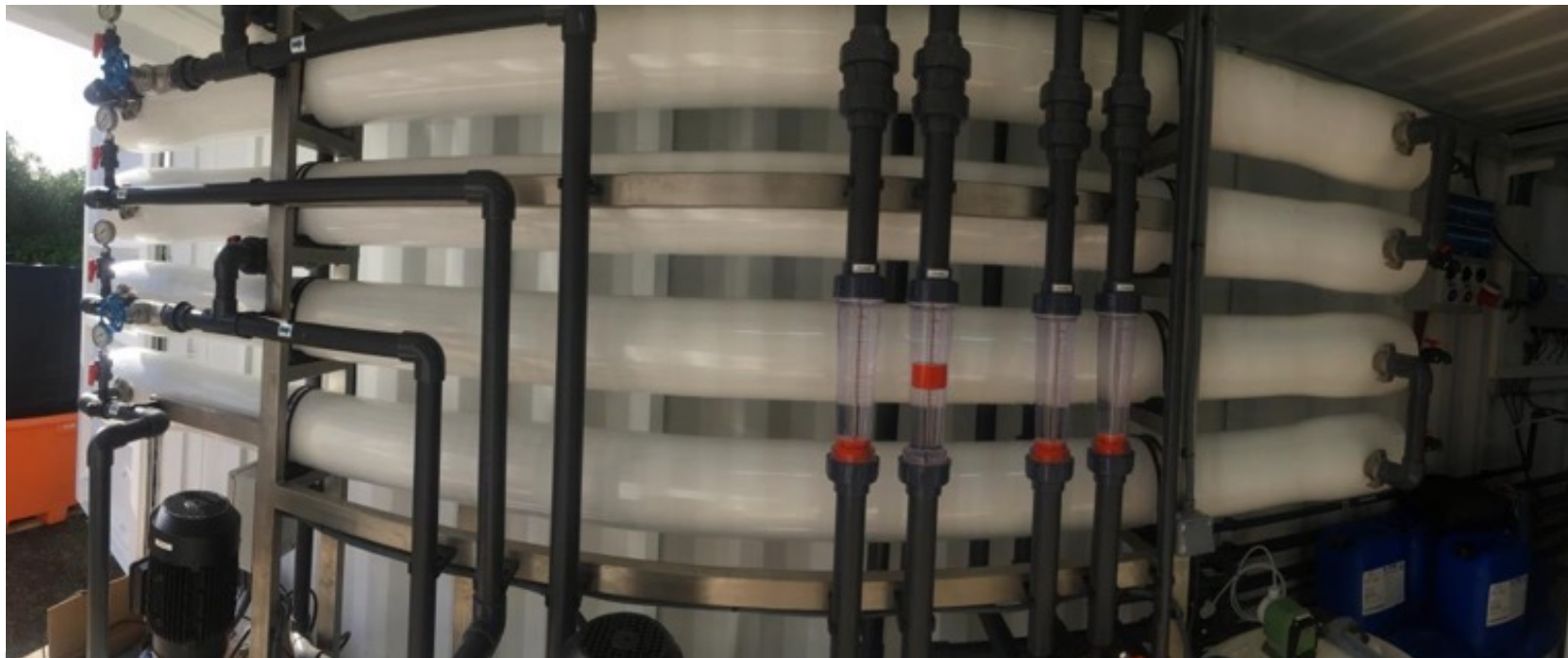
Suministro contenedor marino 40'

Alumbrado: LED 3x36W IP65

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



Planta de ósmosis. MONTAJE

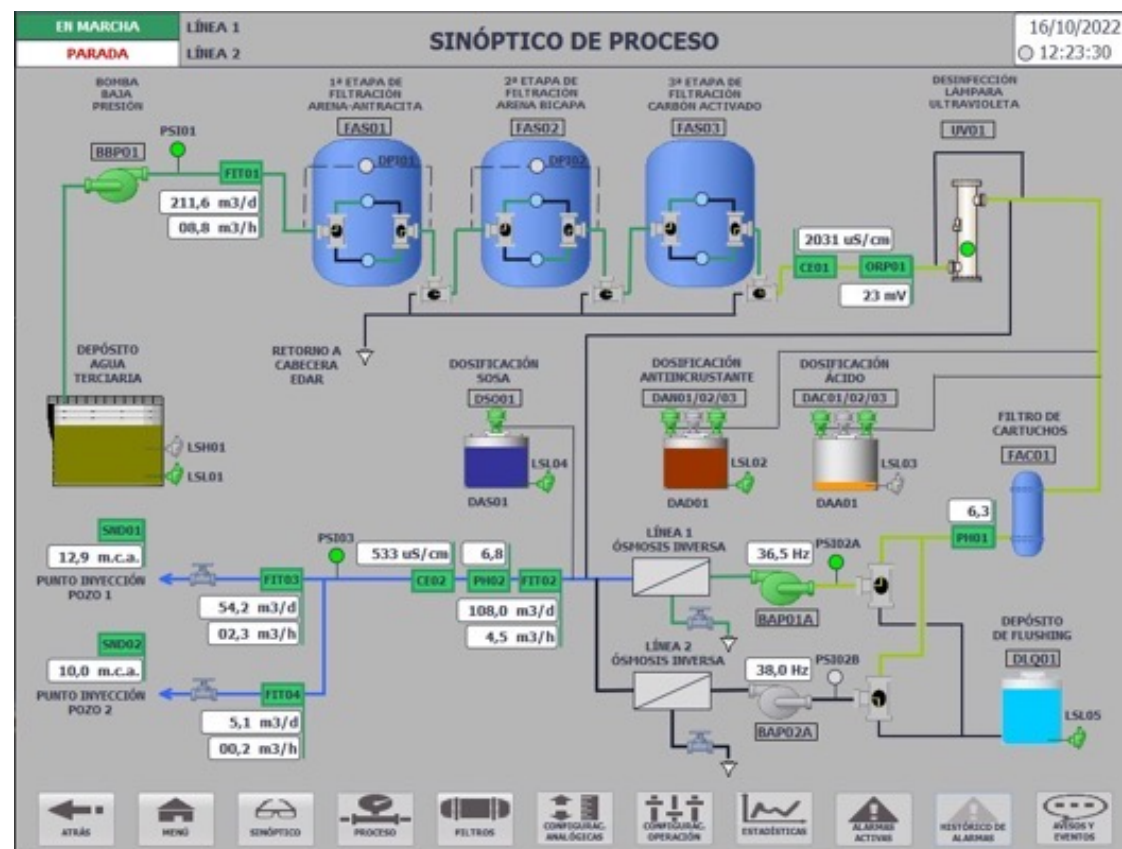
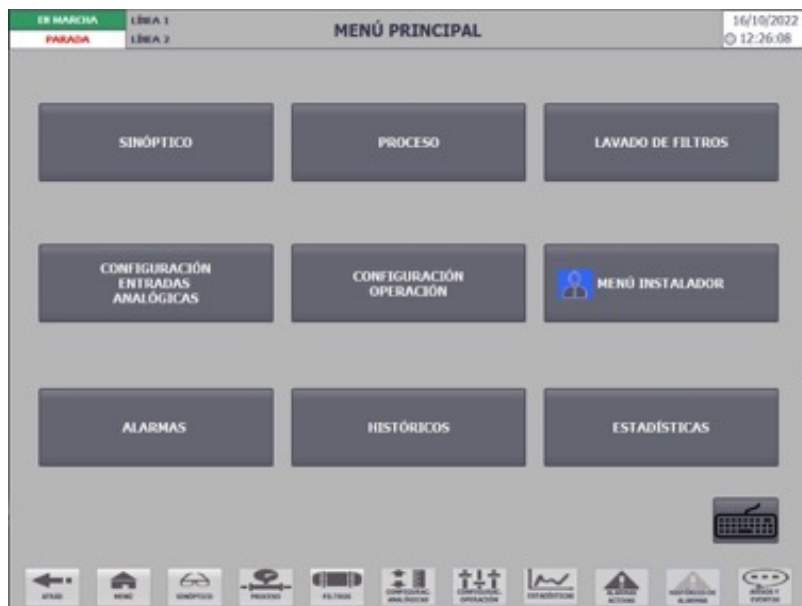


Planta de ósmosis. MONTAJE



Planta de ósmosis. MONTAJE





EN MARCHA PARADA		LÍNEA 1 LÍNEA 2	OPERACIÓN		16/10/2022 12:21:44
PRETRATAMIENTO			INSTRUMENTACIÓN		
ESTADO BOMBAS COMUNES L1-L2 - BBP01 - B. baja presión COMÚN - DAN03 - D. antiincrustante COMÚN - DAC03 - D. ácido clorh. COMÚN - DSO01 - D. sosa cáustica COMÚN		VALVULAS FILTRACIÓN - FILTRANDO VTE01 - Válvula entrada filtro FAS01 - FILTRANDO VTE02 - Válvula salida filtro FAS01 - FILTRANDO VTE03 - Válvula desagüe filtro FAS01 - FILTRANDO VTE04 - Válvula entrada filtro FAS02 - FILTRANDO VTE05 - Válvula salida filtro FAS02 - FILTRANDO VTE06 - Válvula desagüe filtro FAS02 - FILTRANDO VTE07 - Válvula entrada filtro FAS03 - FILTRANDO VTE08 - Válvula salida filtro FAS03 - 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 - PSI01 - Presostato impulsión B. baja COMÚN - PSI03 - Presostato tubería permeado COMÚN - DPI01 - Presostato diferencial FAS01 - DPI02 - Presostato diferencial FAS02				CONDUCTIVIDAD - CE01 - Conductividad agua bruta: 2031 uS/cm - CE02 - Conductividad producto total: 0519 uS/cm	
LÍNEA 1 ÓSMOSIS		LÍNEA 2 ÓSMOSIS		REDOX ORP01 - Potencial REDOX agua bruta: 0005 mV	
LÍNEA 1 - MARCHA/PARO AUTOMÁTICO		LÍNEA 2 - MARCHA/PARO AUTOMÁTICO		pH - PH01 - pH agua bruta: 06,3 - PH02 - pH permeado total: 06,9	
EN MARCHA 000:04:56		PARADA 000:00:00			
CUENTAHORAS L1 072:08:43		CUENTAHORAS L2 000:43:40			
ESTADO BOMBAS LÍNEA 1 - BAP01 - B. alta presión LÍNEA 1 - DAN01 - D. antiincrustante LÍNEA 1 - DAC01 - D. ácido clorh. LÍNEA 1		ESTADO BOMBAS LÍNEA 2 - BAP02 - B. alta presión LÍNEA 2 - DAN02 - D. antiincrustante LÍNEA 2 - DAC02 - D. ácido clorh. LÍNEA 2		SONDAS POZOS - SND01 - Sonda nivel pozo 1: 11,4 m.c.a. - SND02 - Sonda nivel pozo 2: 09,8 m.c.a.	
PRESOSTATOS LÍNEA 1 PSI02A - Presostato asp. BAP01		PRESOSTATOS LÍNEA 2 PSI02B - Presostato asp. BAP02		NIVELES - LSL01 - Nivel bajo aporte - LSH01 - Nivel alto aporte - LSL02 - Nivel bajo antiincrustante - LSL03 - Nivel bajo ácido clorhídrico - LSL04 - Nivel bajo hidróxido sódico - LSL05 - Nivel bajo flushing/CIP	
ESTADO VÁLVULA FLUSHING LÍNEA 1 OPERACION VTE10 - Válvula entrada LÍNEA 1		ESTADO VÁLVULA FLUSHING LÍNEA 2 FLUSHING VTE11 - Válvula entrada LÍNEA 2			



NORTH LINE

A21

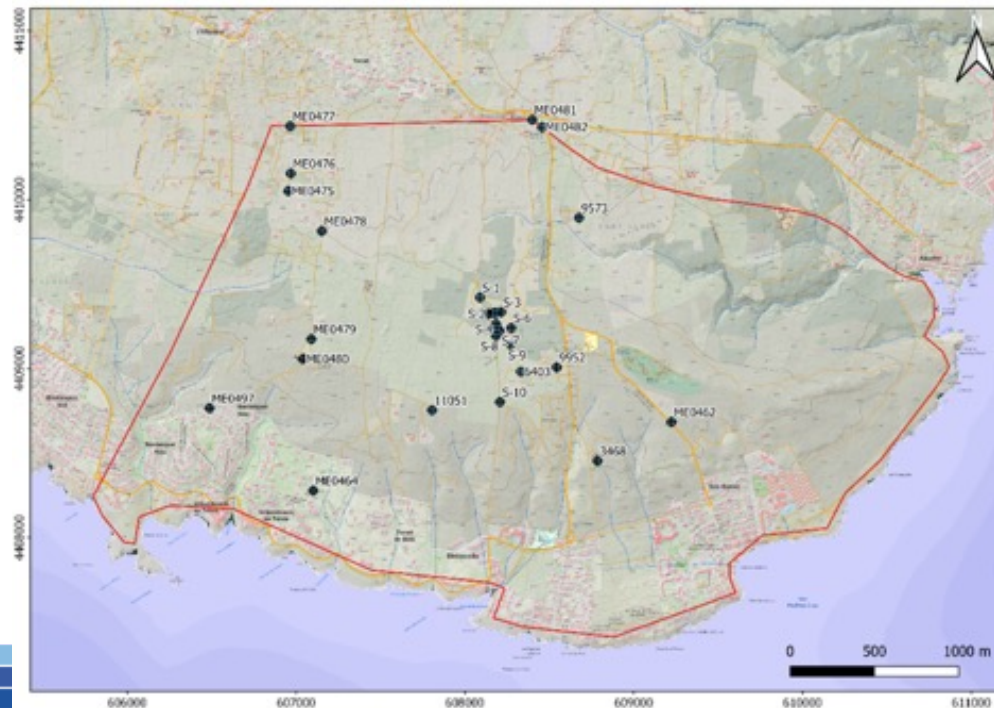
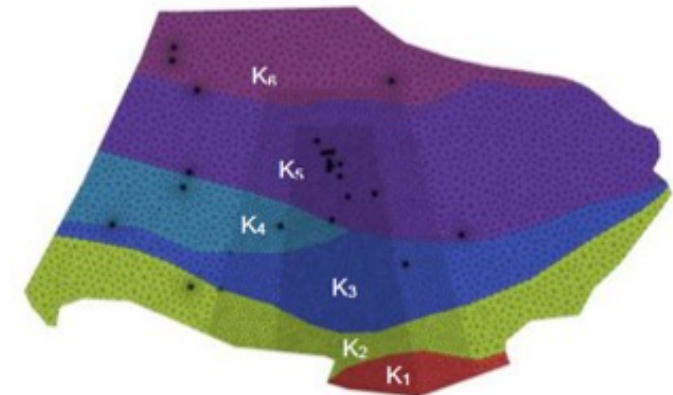
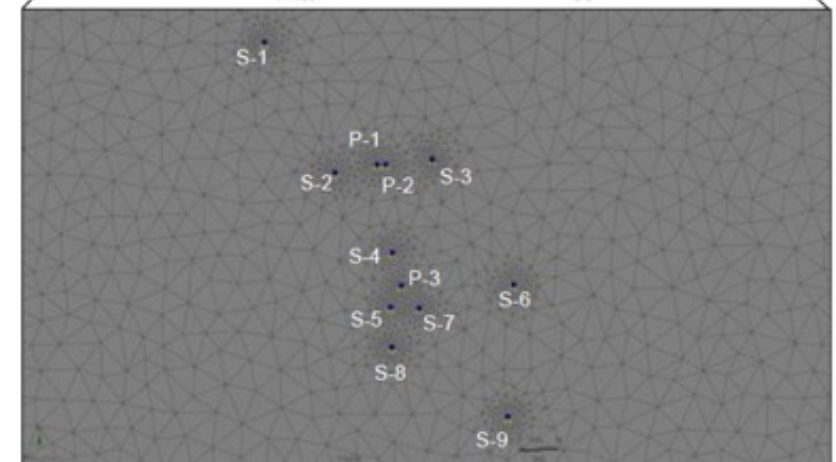
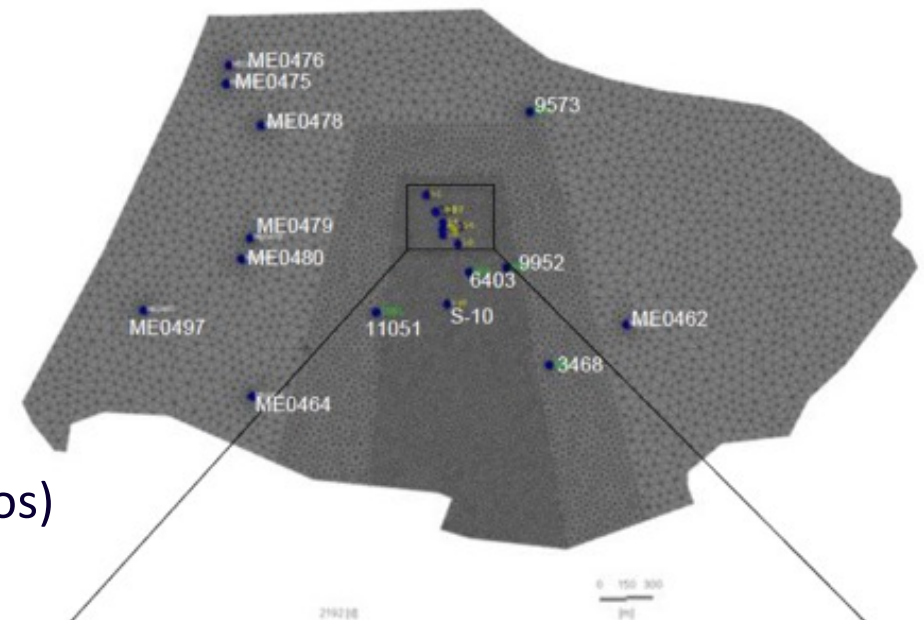
EN MARCHA PARADA		LÍNEA 1 LÍNEA 2	ESTADO Y CONFIGURACIÓN ENTRADAS ANALÓGICAS		16/10/2022 12:24:45
PH01 - pHMETRO APORTE					
ACTUAL		6,3			
ALARM					
HIGH	07,5	ON			
LOW	05,5	ON			
WARNING					
HIGH	07,0	ON			
LOW	06,0	ON			
ESTADO					
HABILITAR	ON				
IW152	12523				
PH02 - pHMETRO PROD.					
ACTUAL		6,8			
ALARM					
HIGH	08,5	ON			
LOW	06,0	ON			
WARNING					
HIGH	07,5	ON			
LOW	06,5	ON			
ESTADO					
HABILITAR	ON				
IW154	13511				
CE01 - CONDUCT. APORTE					
ACTUAL		2030 $\mu\text{S/cm}$			
ALARM					
HIGH	4000	ON			
LOW	1500	ON			
WARNING					
HIGH	3500	ON			
LOW	2000	OFF			
ESTADO					
HABILITAR	ON				
IW146	10892				
CE02 - CONDUCT. PROD.					
ACTUAL		0532 $\mu\text{S/cm}$			
ALARM					
HIGH	1500	ON			
LOW	0100	OFF			
WARNING					
HIGH	1200	ON			
LOW	0200	OFF			
ESTADO					
HABILITAR	ON				
IW148	7148				
ORP01 - REDOX APORTE					
ACTUAL		0042 mV			
ALARM					
HIGH	0400	ON			
LOW	0000	OFF			
WARNING					
HIGH	0300	ON			
LOW	0000	OFF			
ESTADO					
HABILITAR	ON				
IW150	14216				
FIT02 - CAUDAL PRODUCTO					
ACTUAL		4,6 m ³ /h			
ALARM					
HIGH	06,5	OFF			
LOW	03,0	ON			
WARNING					
HIGH	06,0	ON			
LOW	03,4	OFF			
ESTADO					
HABILITAR	ON				
IW144	12623				
SND01 - NIVEL POZO 1					
ALARM		MEDIDA Sonda			
HIGH	55,0	014 m.c.a.			
LOW	05,0				
WARNING		PROFUNDIDAD DE LA Sonda			
HIGH	45,0	065 m			
LOW	00,0				
ESTADO		PROFUNDIDAD NIVEL AGUA			
HABILITAR	ON	051 m			
IW156	3906				
SND02 - NIVEL POZO 2					
ALARM		MEDIDA Sonda			
HIGH	55,0	010 m.c.a.			
LOW	05,0				
WARNING		PROFUNDIDAD DE LA Sonda			
HIGH	45,0	061 m			
LOW	00,0				
ESTADO		PROFUNDIDAD NIVEL AGUA			
HABILITAR	ON	051 m			
IW158	2773				
← ATRÁS 🏠 MENÚ 👓 SINÓPTICO 📡 PROCESO 🔍 FILTROS ⬆️ CONFIGURAC. ANALÓGICAS ⬆️ CONFIGURAC. OPERACIÓN 📈 ESTADÍSTICAS ⚠️ ALARMAS ACTIVAS 📅 HISTÓRICO DE ALARMAS 💬 AVISOS Y EVENTOS					

Modelo numérico preliminar

- Flujo y transporte transitorios en FEFLOW

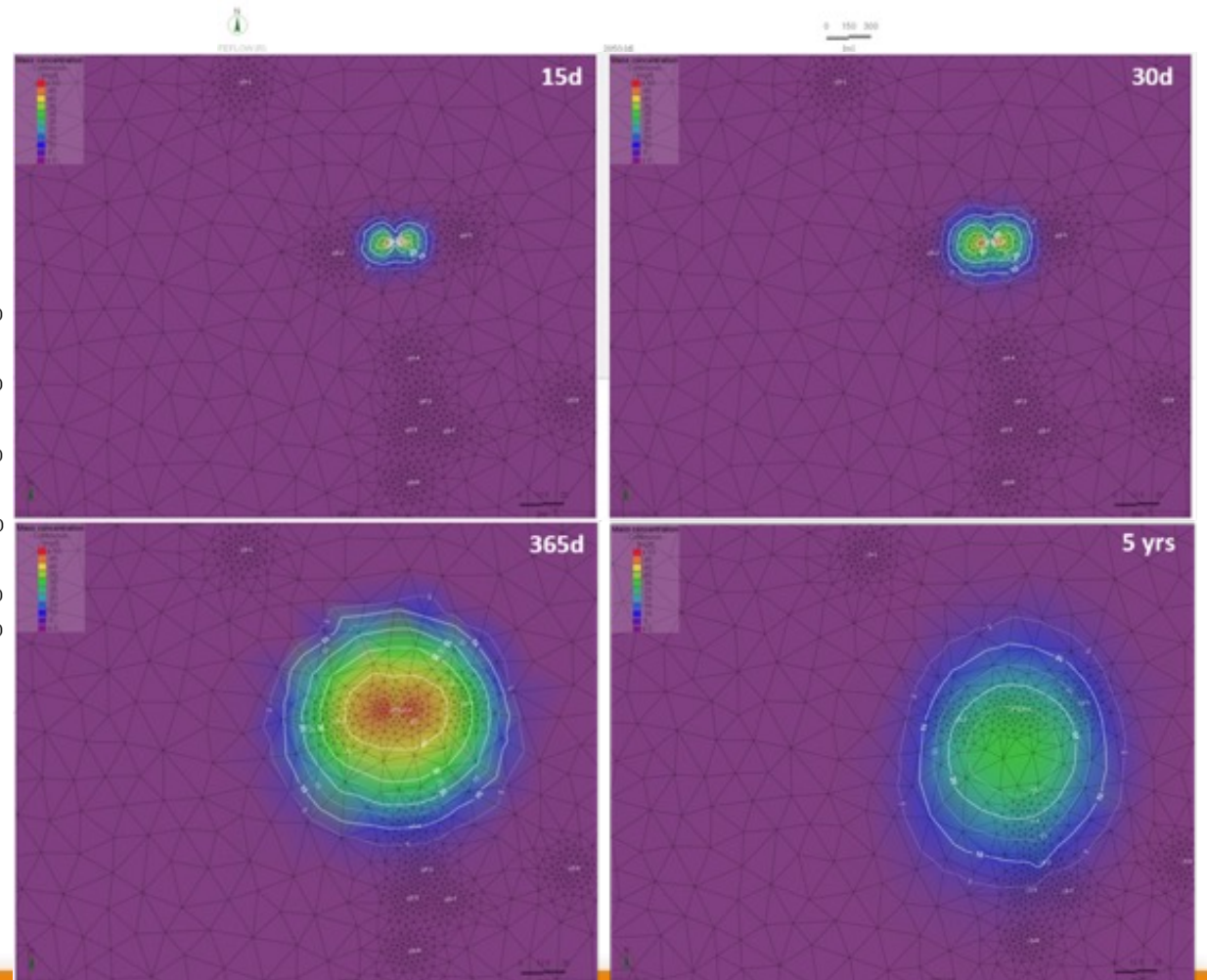
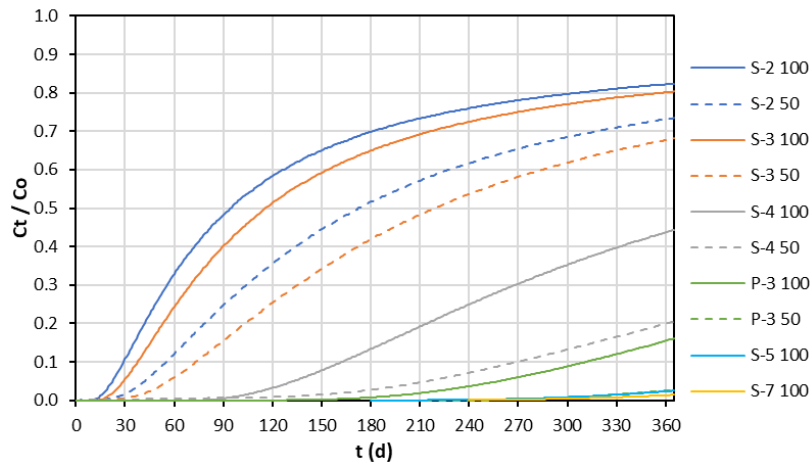
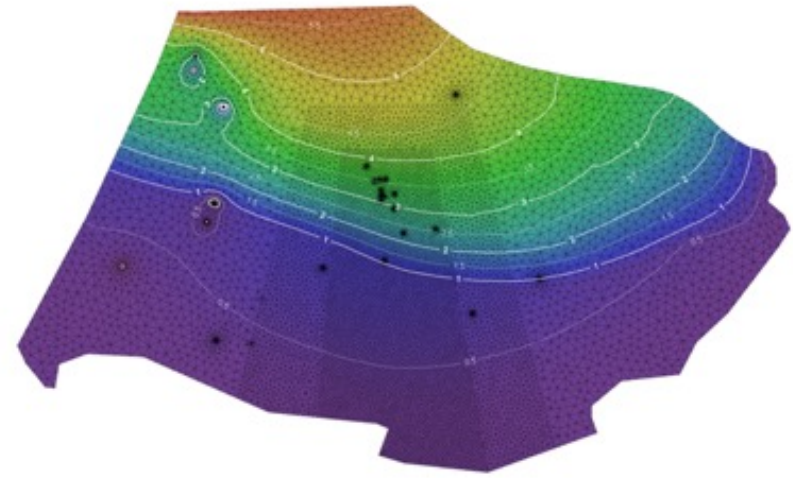
5 años de simulación

- 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. Veneçuela, 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

Muchas
gracias por
su
atención

jordi.guimera@amphos21.com



www.amphos21.com

member of

RSK

www.rskgroup.com/rsk-businesses/