

LA REUTILITZACIÓ DE LES AIGÜES RESIDUALS DEL BAIX LLOBREGAT

Joan Compte i Costa

Director General DEPURBAIX
Plaça Francesc Macià, 7, 6è B
08029 Barcelona
Telèfon: 93 363 73 00 ; Fax: 93 322 63 36
E-mail: depurbaix@ctv.es

SUMARI

El projecte de Reutilització de les aigües residuals del Baix Llobregat pretén aportar nous recursos per ajudar a resoldre el problema del dèficit hidràulic, per a usos ecològics i ambientals, que pateixen les conques internes de Catalunya.

Depurbaix, empresa pública depenent del Ministeri de Medi Ambient i de l'Agència Catalana de l'Aigua, gestiona la construcció i posada em servei d'aquest projecte de reutilització que s'emmarca en els criteris de sostenibilitat de la nova cultura de l'aigua.

Està previst poder aportar 50 Hm³/any d'aigua regenerada de l'EDAR del Baix Llobregat que s'utilitzaria com a cabal ecològic del riu, substitució de reg agrícola i manteniment de zones humides.

Perquè l'aigua a reutilitzar tingui la qualitat que aquests usos exigeixen, es necessari ampliar el tractament biològic actual per eliminar nutrients (nitrogen i fòsfor), construir un tractament terciari que millori la qualitat de l'efluent, una estació de bombament i les conduccions que permetin transportar l'aigua regenerada fins als seus punts d'aplicació.

A fi de resoldre el problema d'intrusió salina que pateix l'aquífer del tram baix del riu Llobregat, està previst usar part d'aquesta aigua regenerada per crear una barrera hidràulica contra la intrusió salina. Per això es construirà una planta d'osmosis inversa que produeixi una aigua regenerada de qualitat adequada i les conduccions i pous d'injecció necessaris per a injectar aquesta aigua a l'aquífer profund del Llobregat.

Paraules clau: Barrera hidràulica, intrusió salina, reutilització, tractament terciari

INTRODUCCIÓ

L'aigua constitueix un recurs escàs i d'innegable importància en tot el territori català i, especialment, en l'àmbit de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, on es concentra una gran part de la població i de l'activitat econòmica i industrial de Catalunya. Més del 60% dels habitants de Catalunya resideixen en l'esmentada Àrea.

En l'actualitat els recursos hidràulics per a satisfer la demanda en l'àmbit metropolità de Barcelona provenen del riu Llobregat, d'un transvasament des del el riu Ter i de recursos subterranis. Per disminuir el dèficit actual per a usos ecològics i ambientals es prefereix aprofitar els recursos existents a base de reutilitzar aigua depurada, evitant la sobreexplotació dels recursos subterranis i/o la construcció de nous embassaments.

Aquest projecte pretén compensar una part d'aquest dèficit mitjançant l'increment de recursos que suposa la reutilització d'una part de l'efluent de la depuradora del Baix Llobregat (Fig.1). Aquests nous recursos suposen uns 50 Hm³ anuals.



Figura 1. Vista aèria EDAR del Baix Llobregat

La posada en funcionament de l'EDAR del Baix Llobregat ha permès consolidar dos objectius essencials. En primer lloc la recuperació de l'últim tram del riu Llobregat, eliminant els abocaments que s'hi feien. Però també amb la depuració s'ha aconseguit millorar la qualitat de l'aigua de bany de la zona costanera propera entre la desembocadura del riu Llobregat i el massís del Garraf, recuperant per a ús ciutadà platges de bellesa singular. Al mateix temps la seva posada en explotació permet disposar d'un important cabal d'aigua tractada per poder-se reutilitzar havent passat prèviament per un tractament terciari i que constitueix la base d'aquest projecte de reutilització.

La reutilització s'emmarca, sobre tot, en la filosofia de la Directiva Marc de l'Aigua, en els criteris de sostenibilitat i en les polítiques que promouen la conservació dels recursos hídrics i en la "nova cultura de l'aigua", que incideix fonamentalment en l'estalvi del recurs.

Encaixa dins de la política hidràulica del Programa A.G.U.A. d'aprofitament de les possibilitats de reutilització de les aigües residuals depurades per a aquells usos compatibles amb la seva qualitat, garantint els paràmetres fisicoquímics i bacteriològics, sempre amb l'objectiu d'incrementar l'oferta de recursos no convencionals.

Les obres s'estan executant per la societat pública Depurbaix, SA. El seu pressupost s'eleva a 102 milions d'euros. Estan finançades en un 85% pel Ministerio de Medio Ambiente amb ajudes de Fons de Cohesió de la Unió Europea i el 15% restant per l'Agència Catalana de l'Aigua.

DEMANDES I QUALITATS DE L'AIGUA REGENERADA

La reutilització de les aigües de l'EDAR del Baix Llobregat està prevista per a la seva aplicació com a cabal ecològic del riu Llobregat, substitució de cabals de reg, manteniment de zones humides i barrera contra la intrusió salina (Fig. 2).



Figura 2. Demandes d'aigua reutilitzada

Els cabals necessaris per a satisfer cada una d'aquestes demandes són els següents:

Contribució al cabal ecològic	2 m ³ /segon
Substitució cabals reg agrícola	0,75 m ³ /segon
Manteniment de zones humides	0,40 m ³ /segon
Barrera intrusió salina (1 ^a fase)	2.000 m ³ /dia
Barrera intrusió salina (2 ^a fase)	20.000 m ³ /dia

Totes les demandes, llevat la barrera contra la intrusió salina, són estacionals i només són requerits en temps sec, essent necessari un volum anual d'uns 50 Hm³ en un any de pluviometria mitjana.

En base a aquestes demandes que es pretén satisfer, s'han dimensionat les instal·lacions de tractament terciari, impulsió i conduccions per a un cabal de 3,5 m³/segon.

Encara que les qualitats d'aigua regenerada que exigeix cada ús previst són diferents, s'ha adoptat com a criteri produir dues qualitats d'aigua: una destinada a la contribució del cabal ecològic, aigua per a reg agrícola i manteniment de les zones humides, i una altra diferent i més exigent per a la barrera contra la intrusió salina.

La qualitat de l'aigua per a cabal ecològic, reg i manteniment de zones humides serà:

• DBO ₅	≤ 10 mg/l
• MES	≤ 5 mg/l
• Terbolesa	< 5 NTU
• Coliformes fecals	< 10 UFC/100ml
• Ous nemàtodes intestinals	< 1 U/1000 ml
• Clor residual.....	> 0,6 mg/l
• O ₂	≥ 7,5 mg/l

L'aigua destinada a la barrera contra la intrusió salina serà sotmesa a uns processos addicionals de microfiltració i osmosi inversa per a aconseguir els següents valors:

• MES	< 1 mg/l
• Terbolesa	≤ 0,1 NTU
• Coliformes fecals	< 10 UFC/100ml
• Conductivitat	< 150 µS/cm

En el Diagrama de procés (Fig. 3) s'indiquen les qualitats de l'aigua segons les destinacions en què s'utilitzin.

DESCRIPCIÓ DE LES OBRES

Tractament

L'aigua residual que arriba a la depuradora se sotmet a un tractament biològic de fangs activats amb eliminació de nutrients, després passa al tractament terciari, si l'aigua regenerada es destina als usos mediambientals i de reg, o bé a la microfiltració i osmosi, si l'aigua s'usa per a la barrera contra la intrusió salina.

Tractament biològic

El tractament biològic de la depuradora s'ha dissenyat combinant zones anaeròbics, anòxiques i òxiques de manera que s'aconsegueixi reduir la concentració de nitrogen i fòsfor fins els límits exigits a l'aigua regenerada. En l'estat tecnològic actual, el sistema més econòmic d'eliminació

del contingut de nitrogen de l'aigua residual és el procés de nitrificació-desnitrificació per via biològica.

Pel que fa referència a l'eliminació del fòsfor, la via biològica és, així mateix, la més econòmica tot i que la bona pràctica aconsella que per a garantir de forma permanent el nivell exigít de P-total a l'efluent, és convenient disposar d'un mitjà de suport per via química, és a dir, addició complementària d'un reactiu que precipiti el fòsfor.

El dispositiu de regulació del sistema d'aeració es basa en la utilització del cabal d'aire com a variable de control. Per això, cada zona en que s'ha dividit el reactor biològic estarà equipada amb una sonda d'oxigen dissolt i cada baixant, d'un mesurador de cabal i vàlvula motoritzada de regulació. Per al control del funcionament de les zones anòxiques s'instal·laran dues sondes de potencial redox per tanc.

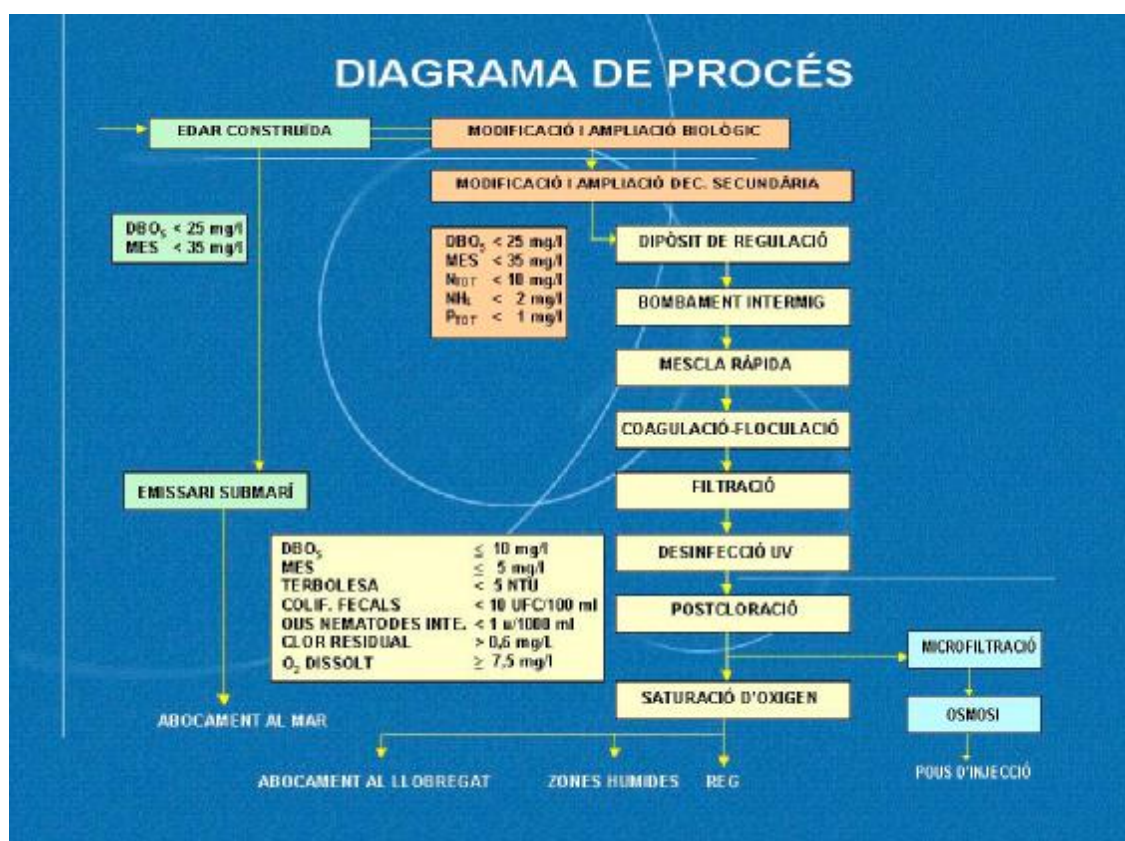


Figura 3. Diagrama de procés

Tractament terciari

Els processos unitaris que configuren el tractament terciari són:

- Dipòsit regulador
- Coagulació-floculació llastrada
- Decantació lamel·lar
- Filtració
- Aeració (oxigenació)
- Desinfecció UV

La distribució dels elements que configuren aquests processos es detallen en la Fig. 4.

1. Obra de presa i sobreixidor d'emergència
2. Emmagatzematge i bombament d'aigua a tractar
3. Arqueta de mesurador de cabal
4. Coagulació-floculació
5. Decantació lamel·lar
6. Filtració
7. Desinfecció de l'efluent
8. Oxigenació
9. Bombament a reutilització
10. Edifici de tractament terciari
11. Osmosi inversa

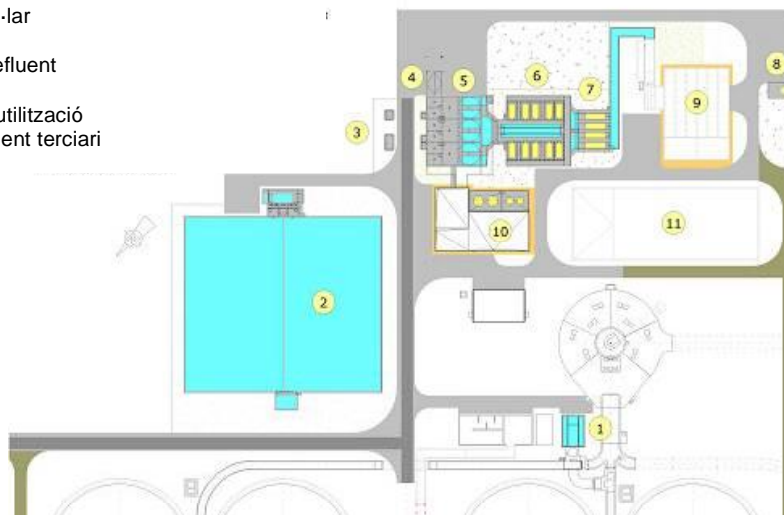


Figura 4. Tractament terciari

Durant el període d'un mes, la depuradora del Baix Llobregat ha disposat d'una planta pilot, que incloïa tractament fisicoquímic amb decantació lamel·lar llastrada (procés Actiflo), i filtració mitjançant microtamís de tipus disc amb llum de pas de 10 micres. El propòsit de les proves fou avaluar l'aplicabilitat dels processos per al tractament terciari de l'aigua residual. L'objectiu fou principalment, obtenir un baix nivell de sòlids en suspensió i d'ous d'helmints paràsits. Les proves dutes a terme posaren en evidència que la combinació d'ambdós processos tenia uns excel·lents resultats, obtenint-se rendiments superiors als requerits.

Dipòsit regulador

Amb l'objectiu de que el tractament terciari pugui optimitzar la producció diària d'aigua regenerada es construeix un dipòsit regulador que permeti absorbir les puntes de cabal que arriben a la planta depuradora al llarg del dia. En aquest dipòsit regulador s'hi col·loca un bombament amb variadors de freqüència que ajusti el cabal d'entrada al tractament terciari a la suma de les demandes dels diferents usos de l'aigua regenerada.

Es projecta un dipòsit dividit en dos compartiments de 59,00 m de longitud per 33,00 m d'amplària cada un d'ells, amb una alçada útil de 4,01 m d'aigua per al cabal nominal de tractament. Per al seu aïllament s'han previst comportes motoritzades. Cada compartiment està proveït del seu propi grup independent d'elevació al tractament. El volum útil del dipòsit és de 15.600 m³.

Floculació-coagulació

En el tanc de coagulació s'hi injecta com a reactiu sulfat d'alúmina. La floculació es compon de dues etapes que es realitzen en dos tancs independents: tanc d'injecció i tanc de maduració. En el d'injecció, al que s'anomena igualment mescla ràpida, les matèries en suspensió es posen en contacte amb la microsorra gràcies a l'acció coagulants d'un polielectrilit. L'esmentada microsorra s'hi ha afegit al mateix temps que el coagulant i, gràcies a la seva alta densitat, permet llastrar els flocs en formació el que facilitarà de manera important la seva capacitat de sedimentació. En el tanc de maduració el flocul s'espesseix i finalitza la seva maduració. Ambdós tancs s'equipen amb mescladors dinàmics a fi de millorar el procés i impedir sedimentacions no desitjades.

Decantació lamel·lar

El decantador lamel·lar (Fig. 5) és un dispositiu que permet reduir les superfícies que serien habitualment necessàries per aconseguir una correcta sedimentació dels flocs formats en l'etapa anterior.

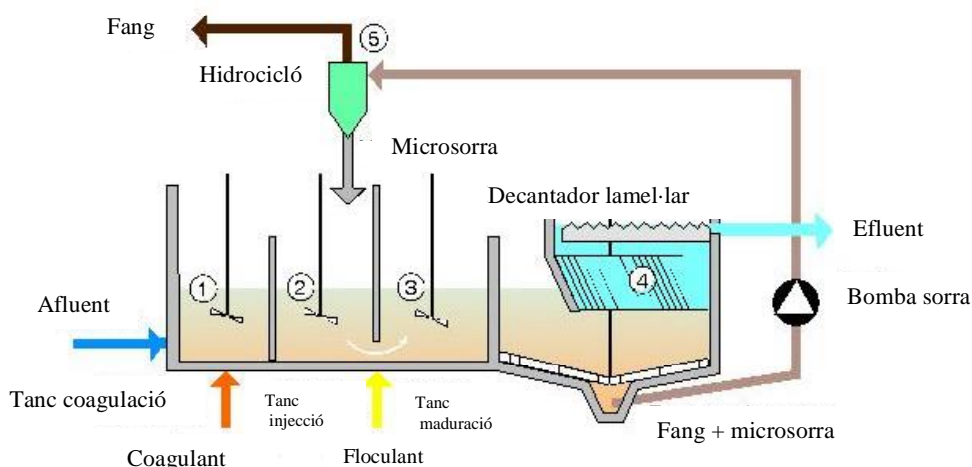


Figura 5. Decantació lamel·lar

S'introdueix el flux d'aigua per la part inferior d'un dipòsit. Es fa circular l'aigua a decantar a través d'unes planxes separades entre elles uns pocs centímetres en sentit ascendent. El flocul es recull en aquestes làmines, i, per gravetat i a contracorrent, va cap al fons del decantador. L'aigua decantada s'evacua per la part superior mitjançant unes canaletes de recollida i distribució. Els fangs i la microsorra dipositats en el fons del decantador són recollits per un rascador i enviats, mitjançant un dispositiu de bombament cap al tractament de fangs de la planta. Prèviament a l'arribada a la seva destinació, se separa mitjançant un hidrocicló la microsorra que serveix de llastre dels fangs produïts. El llastre, separat gràcies a una classificació granulomètrica, es torna a introduir en el procés en la cambra de coagulació, per la qual cosa es disposa d'un circuit de recirculació i reciclatge.

En aquest procés unitari, juntament amb la floculació i la coagulació, s'aconsegueix reduir la quantitat de sòlids suspesos que porta l'aigua de sortida del tractament secundari de l'EDAR fins als nivells d'exigència per a la seva reutilització. La terbolesa, paràmetre generalment associat als sòlids en suspensió, també es redueix per sota dels límits exigits.

Filtració

La filtració es realitzarà mitjançant un sistema de microtamisat que, per gravetat, permetrà afinar la qualitat de l'aigua de sortida (Fig. 6). En particular, una de les característiques bàsiques en quant a contaminació bacteriològica que se li demana a l'aigua regenerada és el contingut en ous de nematode. Per assegurar l'eliminació de l'esmentat microorganisme el sistema que ofereix més garanties és la filtració mitjançant un tamís de mida inferior a 10 microns.

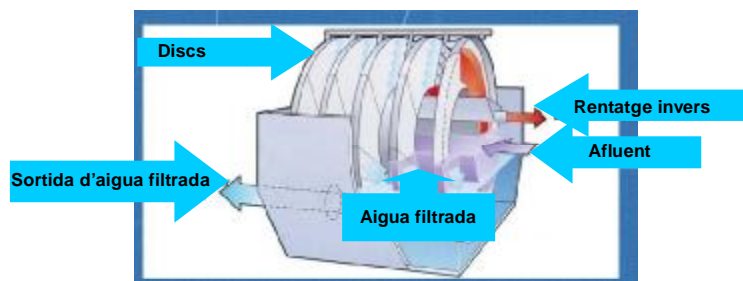


Figura 6. Filtració

S'ha previst una bateria de filtres de disc treballant en paral·lel. Per gravetat, l'aigua flueix a través de les teles filtrants des del centre del disc cap a fora. Els sòlids són separats de la fracció líquida gràcies a les malles filtrants fixades sobre les dues cares dels discos. Quan el dispositiu presenta una elevada pèrdua de càrrega, s'inicia automàticament un procés de rentatge a pressió de les malles filtrants.

Al seu torn, els discos giren amb la finalitat d'exposar al flux d'aigua a filtrar una superfície de malla neta, permetent seguir el procés de filtratge mentre es produeix la neteja de la resta de la superfície.

Totes les aigües de rentatge es recullen en un dipòsit des d'on es bombegen, juntament amb els fangs de la decantació lamel·lar, a la sortida dels dessorradors de la depuració d'aigües residuals.

Desinfecció UV

Es dissenya un sistema de desinfecció per radiació ultraviolada en canal obert, amb sistema de mòduls per a incorporació de les làmpades, amb una transmitància UV del 60%.

El sistema té 4+1 canals, d'1,905 m d'amplària i 10,50 m de longitud de dimensions unitàries i amb 2 bancs per canal. El nombre de làmpades per banc és de 200, amb un total de 1.600 làmpades instal·lades.

La desinfecció UV s'ha projectat per a un cabal de disseny de 12.600 m³/h, amb sòlids en suspensió <5mg/l i transmitància >60%.

El sistema de control basat en microprocessador, monitoritza l'equip complet de desinfecció, controlant l'encesa de les bancades i la potència de les làmpades.

Aeració

Els estudis realitzats sobre el comportament del tram dessota del riu Llobregat han conclús la necessitat d'aportar al riu un cabal de manteniment que tingui un nivell d'oxigen dissolt adequat

i suficient per al suport de la fauna prevista. Es requereix una concentració d'oxigen dissolt igual o superior a 7,4 mg/l. Per a la oxigenació de l'efluent s'ha previst la instal·lació d'un tanc criogènic d'oxigen. L'oxigen es dosificarà automàticament en les dues conduccions d'impulsió de les bombes de reutilització de les xarxes 1 (cabal ecològic i canal de la dreta) i 2 (reg zones humides desembocadura del riu Llobregat).

Estacions de bombament i conduccions

En el plànol d'instal·lacions de reutilització (Fig. 7) s'indica el traçat de les conduccions necessàries per dur l'aigua regenerada des del tractament terciari fins als llocs d'ús.



Figura 7. Plànol de les instal·lacions de reutilització

La conducció principal que duu l'aigua per al cabal de manteniment del riu Llobregat i al canal de reg agrícola té el seu origen en una estació de bombament col·locada en els terrenys de la depuradora. Aquesta estació de bombament, a l'igual que la que proveeix a les zones humides, utilitza bombes axials, submergibles d'eix vertical, amb variadors de velocitat per a cada bomba, mitjançant convertidors de freqüència. La longitud total de les conduccions de reutilització (detall Fig. 8) és de 18,8 Km., essent la major part de 1.600 mm de diàmetre en formigó amb camisa de xapa.

Per aportar el cabal ecològic al riu Llobregat o reg de las zones humides no és necessària cap regulació en el seu punt de descàrrega però sí que cal una bassa de regulació per als cabals que es destinen al Canal de la Dreta. Aquesta bassa té per objectiu independitzar el règim d'explotació dels cabals del canal i de la planta de tractament terciari.

La distribució de la inversió en % entre ampliació del biològic per a eliminació de nutrients, tractament terciari, bombament i conduccions seria:

- Ampliació biològic 18%
- Tractament terciari 27%
- Bombament i conduccions 55%

BARRERA CONTRA LA INTRUSIÓ SALINA

Origen i tractament de les aigües utilitzades a la barrera

La situació actual d'intrusió marina en el delta del Llobregat comporta prendre mesures d'urgència per frenar el seu avançament i millorar la qualitat de l'aigua a l'aquífer. La correcció d'aquest problema i la protecció enfront a la intrusió futura, pot aconseguir-se mitjançant l'aprofitament de part de l'aigua que prové del tractament secundari en l'existent planta depuradora del Baix Llobregat, regenerant-la i injectant-la per a crear una barrera hidràulica davant de la intrusió.

D'acord amb l'estudi de l'anàlisi hidrogeològic del delta del Llobregat, la quantitat màxima d'aigua que es pot injectar a l'aquífer sense risc de produir-se cap inundació de l'àrea és d'uns 15.000 m³/dia. En la 1^a fase de la planta es produirà un cabal d'aigua tractada de 5.000 m³/dia i la segona fase es podrà ampliar fins a una producció de 15.000 m³/dia.



Figura 8. Conduccions

A continuació es descriuen els processos unitaris que es proposen per a la regeneració de l'efluent secundari (Diagrama de fluxes, Fig. 9):

- *Tamisat*: el tamís rotatiu proposat reduirà el contingut de sòlids en suspensió servint de protecció addicional al sistema de microfiltració.
- *Precloració*: el correcte funcionament del sistema de microfiltració requereix la presència de cloramines pel control de la obturació biològica del sistema.
- *Microfiltració*: la microfiltració s'utilitza com a pretractament abans de l'osmosi inversa. S'ha proposat la utilització d'un sistema de microfiltració submergida. Aquesta unitat inclourà dues cel·les de membranes amb l'equipament necessari per a l'operació del sistema de microfiltració i de contrarentatge. Cada cert temps es realitza també una neteja química per eliminar la capa residual que s'acumula en les membranes i que no es desprèn amb el contrarentatge.
- *Dipòsit intermedi*: degut al funcionament semicontinu de la microfiltració i osmosi inversa provocat per les neteges, resulta necessari disposar d'un dipòsit de regulació entre ambdues unitats.
- *Bombament de baixa pressió*: el sistema d'osmosi inversa seleccionat requereix, per al seu adequat funcionament, d'una pressió mínima de 3 bars a la seva entrada.
- *Osmosi inversa*: cada sistema d'osmosi inversa constarà d'un pretractament químic (condicionador+cartutxo de filtre+antiincrustant), bombes d'alta pressió, membranes

d'osmosi inversa i d'un sistema de neteja, tot això adaptat als cabals de producció. El rebuig generat en l'osmosi inversa és evacuat mitjançant la connexió a l'evacuació dels rebuigs de la microfiltració. L'osmosi inversa consta també d'un sistema de rentatge químic que s'utilitza periòdicament i que s'ajunta amb el rebuig.

- **Desinfecció per ultraviolats:** l'aigua osmotitzada tindrà, teòricament, les concentracions de l'aigua regenerada per poder-se injectar a l'aquífer. No obstant, es proposa una desinfecció per ultraviolats per garantir les concentracions de sortida.

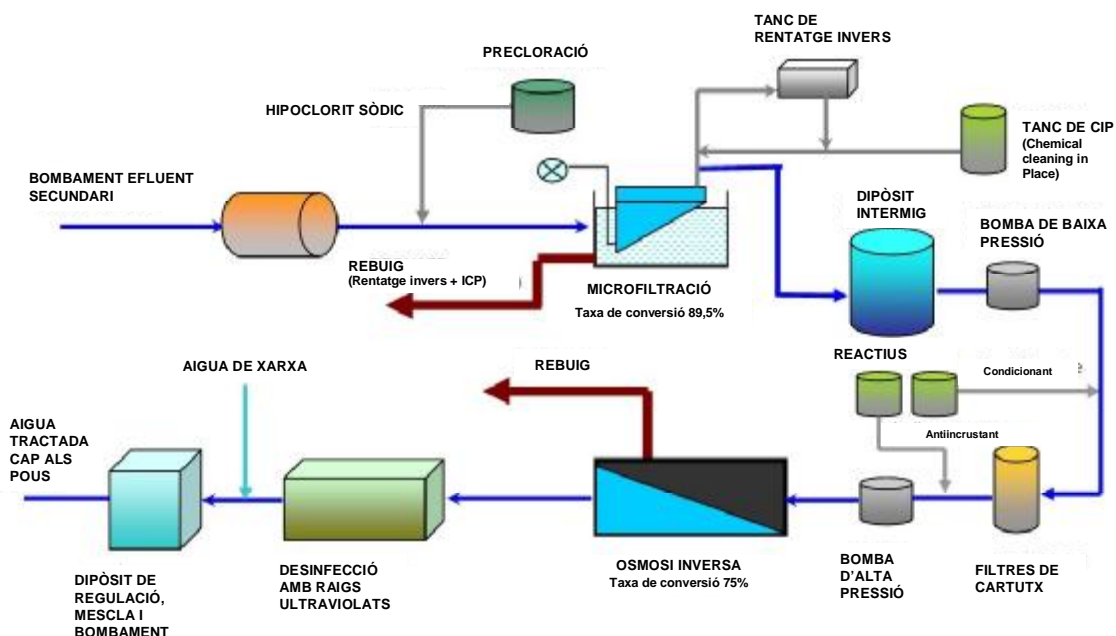


Figura 9. Diagrama de fluxos

Elements de transport de l'aigua fins als punts d'injecció

L'aigua regenerada es transporta fins als punts seleccionats per a la injecció mitjançant un bombament i una sèrie de col·lectors.

L'estació de bombament es va dimensionar en funció del cabal i la pressió necessària per a una correcta injecció de l'aigua a l'aquífer profund, amb bombes submergibles en funcionament semicontínu.

Els col·lectors proveeixen d'aigua els pous d'injecció situats entre la marge esquerra de la nova llera del riu i la Zona Franca perquè aquests la injectin a una profunditat mitjana de 55 metres a l'aquífer profund.

Descripció dels pous d'injecció

Es preveu que els pous d'injecció es facin mitjançant una perforació d'uns 60 metres de profunditat. S'ha previst una camisa d'acer naval perforada de 610 mm de diàmetre per a la formació de la seva cavitat principal. En el seu interior s'hi ha definit una conducció DN-90 mm en acer inoxidable fins a una profunditat mitjana de 55 metres i una segona conducció DN-110 mm en acer inoxidable fins a una profunditat de 60 metres per al sistema de neteja i

antiobturació. En l'extrem final de la conducció DN-110 mm s'hi ha previst la col·locació d'una bomba submergible de 37 kW de potència. S'han definit conduccions per al rebliment de graves calibrades (\varnothing 12-15 mm) en el perímetre del pou i per a la inspecció mitjançant cambra submergible. En la part superior s'hi ha dissenyat una sala de maniobra on s'hi ha previst la instal·lació de dos cabalímetres (entrada i sortida), electrovàlvules de tancament o maniobra, sensor de pressió i piezòmetre, entre d'altres elements.

Es preveu que tot aquest sistema sigui telegestionat des del control principal, situat a l'edifici de regeneració de la planta depuradora del Baix Llobregat. El control es realitzarà mitjançant un sistema d'autòmats programables, governats mitjançant un suport informàtic o sistema Scada. El sistema de barrera està dissenyat per a funcionar les 24 hores del dia, establint pauses tècniques de manteniment del sistema de regeneració i neteja produït per la possible obturació dels punts d'injecció (Fig. 10).

Aquesta 1^a fase registrarà els paràmetres de funcionament necessaris per a la seva aplicació a la futura ampliació de l'esmentada barrera.



Figura 10. Instal·lació de pou d'injecció

Inversió prevista

El pressupost total és de 7.100.000 €, el qual queda dividit en els següents capítols (Taula 1):

Capítols	Percentatge (%)
Tractament de l'aigua i bombament general	50
Conducció d'impulsió general i pous d'injecció	23
Instal·lació elèctrica i control, posada en marxa, mesures correctores, seguretat i salut, etc.	18
Pla de seguiment	9

Taula 1. Percentatges d'inversió per capítols

CONCLUSIÓ

La reutilització de les aigües de l'EDAR del Baix Llobregat ajudarà a pal·liar el dèficit hídric que pateixen les conques internes de Catalunya, ja que les aigües regenerades de la depuradora suposen la disponibilitat d'un nou recurs que es destina per a reg agrícola i usos ambientals contribuint de forma decisiva a la recuperació ambiental del delta del Llobregat.

Per aconseguir la qualitat requerida de l'aigua, segons els usos a que es destina, es construeixen dos tractaments terciaris diferents amb les tecnologies més idònies en cada cas, essent el projecte de la barrera hidràulica contra la intrusió salina un projecte nou a Espanya en el que l'aigua regenerada que s'utilitza per a injectar en els pous s'obté a través d'un procés de microfiltració i osmosi inversa. Aquest projecte pot servir d'exemple per extrapolar la seva experiència a d'altres regions litorals amb problemes similars d'intrusió salina.

