

TRACTAMENT D'AIGUA I MILLORA DE LA QUALITAT DELS EFLUENTS. Avaluació del potencial de reutilització per a usos interns no consumptius de la indústria agroalimentària.

RESUM

La millora dels sistemes de tractament d'aigües residuals a la indústria implica l'ús de tecnologies, com ara coagulants, floculants i tractaments avançats com ara hipocloració i microfiltració, permetent la reutilització de l'efluent i reduint l'impacte ambiental. A més, els Sistemes de Descàrrega Zero ofereixen solucions integrals per a efluentes amb alta concentració de sals, tot contribuint a la gestió sostenible de l'aigua i a la valorització dels residus. També, l'estudi de la viabilitat dels sistemes de regeneració d'aigües és clau per a la indústria agroalimentària.

➤ Avaluació del potencial de reutilització per a usos interns no consumptius de la indústria agroalimentària.

1. Descripció

Estudiar la viabilitat tècnica i econòmica d'aplicació de sistemes de regeneració d'aigües que en permetin la reutilització en neteges i altres processos de la indústria agroalimentària.

El RD 1085/2024 estableix els criteris sanitaris i tècnics per a la reutilització d'aigües regenerades en diferents usos, incloent-hi els usos en indústria alimentària. Segons aquest decret, l'aigua regenerada pot ser utilitzada en aplicacions industrials sempre que compleixi amb els criteris de qualitat especificats i no representi un risc per a la salut humana ni per a l'ambient, i en el cas de la indústria alimentària que **no estigui en contacte directe amb el producte**.

Per tant, hi ha processos no vinculats amb el contacte directe amb el producte, com ara neteja de maquinària i superfícies, processos de refrigeració, calderes, producció de vapor o aigua calenta, reg, etc. que requereixen elevats consums d'aigua amb uns estàndards de qualitat compatibles amb l'aigua regenerada.

L'avaluació del potencial de regeneració inclou **l'estudi previ del procés i anàlisi de la demanda d'aigua** (usos principals i volums), **caracterització de l'aigua residual industrial** (composició i qualitat de l'efluent), **condicionants tècnics**, i també la determinació de les **tecnologies de regeneració** (p. ex. tecnologies de membranes, processos d'oxidació avançada, sistemes de neutralització de pH mitjançant CO₂, entre altres), **l'anàlisi de cost-benefici** i el **desenvolupament de plans d'implementació**. També és imprescindible dur a terme el **pla de gestió del risc** que la normativa requereix; ho ha d'elaborar l'agent responsable del sistema de reutilització d'aigua. Aquest pla descriu el sistema de reutilització i identifica tot els riscos associats a les funcions relacionades amb la producció, subministrament i ús de les aigües regenerades.

A més, les tecnologies de tractament es poden complementar amb solucions digitals (tecnologies electròniques i sensorització) que permetin el monitoratge en continu per avaluar l'eficiència i l'eficàcia dels sistemes de regeneració d'aigües segons els criteris descrits a la normativa vigent.



2. Sectors on és aplicable (llista de subsectors preestablerta).

- Productes per a l'alimentació animal
- Transformació fruita-verdures
- Indústries càrnies
- Productes de fleca i pastes alimentàries
- Productes lactis
- Molineries
- Elaboració i conservació de peix i productes de peix
- Olis i greixos vegetals i animals
- Sucre, cafè, infusions i confiteria
- Altres productes alimentaris
- Begudes analcohòliques i aigua embotellada
- Begudes alcohòliques

3. Recursos i informació externa

El RD 1085/2024 estableix els criteris sanitaris i tècnics per a la reutilització d'aigües regenerades en diferents usos, incloent-hi els usos industrials alimentaris. Segons aquest decret, l'aigua regenerada pot ser utilitzada en aplicacions industrials sempre que compleixi amb els criteris de qualitat especificats i no representi un risc per a la salut humana ni per a l'ambient, i en el cas de la indústria alimentària que **no estigui en contacte directe amb el producte**.

4. Beneficis

- ✓ Estalvi d'aigua
- ✓ Optimització de costos
- ✓ Compliment normatiu
- ✓ Millora d'estàndards de qualitat
- ✓ Millora de la productivitat

➤ Millora dels sistemes de tractament d'aigües residuals per a l'estalvi d'aigua

1. Descripció

Els sistemes de tractament d'aigües residuals a la indústria és una estratègia clau per aconseguir un posterior estalvi d'aigua per mitjà de la reutilització de l'efluent, a més d'una disminució en l'impacte ambiental. Les tecnologies de tractament aplicades estan vinculades als tipus d'aflluents i les seves característiques i als usos posteriors que es donaran a l'aigua, ja sigui reutilització en altres processos industrials, en processos no consumptius (reg, refrigeració, calderes, etc.) o bé abocament a xarxa de clavegueram.

És imprescindible caracteritzar bé els efluentes a tractar per garantir que les estratègies de depuració són les adequades: A grans trets, podem discriminar en:

- Tractaments físic-químics (primaris): són necessaris quan tenim matèries en suspensió o col·loïdals en les aigües a tractar. Aquí podem trobar tractaments de coagulació-floculació, decantació, flotació, filtració estàtica, etc.
- Tractaments biològics (secundaris): quan les aigües a tractar són biodegradables es pot utilitzar aquesta tecnologia que fa servir microorganismes capaços de degradar la matèria orgànica. Podem trobar el procés de llots activats, filtres percoladors, SBR, MBR, etc.
- Tractaments avançats (terciaris): són necessaris per afinar i eliminar elements inorgànics, matèria orgànica no biodegradable o desinfectar. Podem trobar sistemes de filtració amb membranes, ozonització, llum ultraviolada, hipocloració o sistemes d'oxidació més avançats.

La millora en els sistemes de tractament pot tenir diverses estratègies; des de l'ús de productes o reactius cada

vegada més eficients fins a l'optimització de les tecnologies existents o la implantació de noves etapes.

Aplicació de productes en els tractaments primaris:

Coagulants: Agents que desestabilitzen la matèria col·loïdal suspesa.

- **Coagulants sintètics:** Són eficaços en un ampli rang de pH sense veure modificades les seves propietats. Redueixen la producció de llots, millorant i optimitzant el posterior tractament d'aquests.
- **Coagulants específics:** són determinats segons l'origen i, per tant, característics dels efluentes, i tenen relació amb el procés productiu. Alguns exemples podrien ser coagulants eliminadors de metall, eliminadors de fluor o decolorants.
- **Mescles especials:** mescles de diversos coagulants per combinar diferents propietats i ser més efectius en el tractament d'un efluent concret.
- **Coagulants vegetals:** polímers vegetals catiónics orgànics de baix pes molecular i de fàcil dissolució que no alteren el pH ni la conductivitat de l'aigua. Milloren el rendiment del tractament i redueixen l'impacte ambiental.

Floculants: Agents que permeten la separació física d'impureses presents en l'aigua per mitjà de l'agregació de partícules.

- **Floculants en dispersió aquosa:** polímers lliures de dissolvents i tensioactius. Es caracteritzen per la seva versatilitat i facilitat de preparació.
- **Floculants en emulsió:** en aquest cas, les partícules actives estan disperses en una fase líquida no aquosa, com ara olis o silicones.
- **Floculants en pols:** utilitzats per a la deshidratació de fangs a causa de la seva capacitat de ser directament aplicats, sense necessitat de ser dissolts en aigua.

Aplicació de tractaments avançats (secundaris i terciaris):

- **Hipocloració:** procés químic que implica l'ús de compostos que contenen clor, com ara l'hipoclorit de sodi o l'hipoclorit de calci, per desinfectar o esterilitzar l'aigua o altres superfícies.
- **Llum ultraviolada:** mètode de desinfecció que utilitza llum ultraviolada per eliminar microorganismes patògens i altres contaminants presents en l'aigua o en altres superfícies.
- **Ozonització:** té una gran capacitat d'eliminació de patògens molt elevada, la seva eficàcia

augmenta si es combina amb filtres biològics activats.

- **Microfiltració:** és una tècnica de filtració avançada per l'eliminació de partícules i materials suspesos en l'aigua que es realitza mitjançant un tamís o membrana.
- **Bioreactor de membrana:** és un sistema de tractament d'aigües residuals que combina processos biològics i de filtració de membrana. Aquest sistema utilitza microorganismes per eliminar els contaminants orgànics i nutrients, combinat amb un procés de filtració que separa microorganismes i altres sòlids de l'efluent final.
- **Tractaments electroquímics:** apliquen un camp elèctric per provocar reaccions químiques, i destaquen per la seva capacitat d'obtenir elevats rendiments en el tractament de matèria orgànica complexa en efluentes d'alta càrrega (DQO, greixos i pigments).
- **Tractaments de fangs:** en l'etapa de deshidratació d'aquests, l'aigua resultant es pot tractar i utilitzar per a usos diversos.



2. Sectors on és aplicable (llista de subsectors preestablerta).

- Productes per a l'alimentació animal
- Transformació fruita-verdures
- Indústries càrnies
- Productes de fleca i pastes alimentàries
- Productes lactis
- Molineries
- Elaboració i conservació de peix i productes de peix
- Olis i greixos vegetals i animals
- Sucre, cafè, infusions i confiteria
- Altres productes alimentaris
- Begudes analcohòliques i aigua embotellada
- Begudes alcohòliques

3. Recursos i informació externa

Decisió d'Execució (UE) 2019/2031 de la Comissió de 12 de novembre de 2019 per la qual s'estableixen les conclusions sobre les millors tècniques disponibles

(MTD) a les indústries d'alimentació, begudes i làctics, de conformitat amb la Directiva 2010/75/UE del Parlament Europeu i del Consell:

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2019-81871>

4. Beneficis

- ✓ Estalvi d'aigua
- ✓ Optimització de costos
- ✓ Compliment normatiu
- ✓ Millora d'estàndards de qualitat

➤ Realització de plans d'estalvi

1. Descripció

Una part important de la indústria de processament d'aliments i de producció de conserves (salaons, olives, olis, pernells, embotits, conserves del mar, etc.), típicament generen efluentes amb una elevada concentració de sals. El mateix cas es dona en indústries que requereixen aigua en gran volum o puresa (begudes, certs aliments, indústria farmacèutica, etc.) i que les obtenen a través de descalcificació, osmosis inversa, nano-filtració, etc. En ambdós casos s'obtenen salmorres o efluentes amb elevada concentració de sals que cal gestionar de manera específica.

Actualment, hi ha tecnologies i solucions específiques per al tractament d'aigües residuals salines o salmorres produïdes en processos industrials, que permeten generar un residu més concentrat i fàcil de gestionar, i és més sostenible. Habitualment són sistemes que utilitzen o bé la concentració o bé la cristallització de les salmorres. La selecció del procés més adequat depèn de diversos factors, com ara la composició de l'aigua residual, el volum a tractar, els requisits energètics assumibles o el destí final de l'efluent. Acostumen a ser solucions integrals que combinen diferents tecnologies, conegudes com a Sistemes de Descàrrega Zero (ZLD).

Algunes d'aquestes tecnologies són:

- o MSF: Destil·lació flash multifase
- o MED: Destil·lació multi efecte
- o MVC: Compensació mecànica de valor
- o ED/EDR: Electrodiàlisi i electrodiàlisi reversible
- o FO: Osmosi directa
- o MD: Destil·lació amb membranes

Una gestió adequada pot permetre la reutilització de l'aigua residual per a usos no consumptius, i també la valorització del residu salí.



2. Sectors on és aplicable (llista de subsectors preestablerta).

1. Productes per a l'alimentació animal
2. Transformació fruita-verdures
3. Indústries càrnies
4. Productes de fleca i pastes alimentàries
5. Productes lactis
6. Molinaria
7. Elaboració i conservació de peix i productes de peix
8. Olis i greixos vegetals i animals
9. Sucre, cafè, infusions i confiteria
10. Altres productes alimentaris
11. Begudes analcohòliques i aigua embotellada
12. Begudes alcohòliques

3. Recursos i informació externa

Decisió d'Execució (UE) 2019/2031 de la Comissió de 12 de novembre de 2019 per la qual s'estableixen les conclusions sobre les millors tècniques disponibles (MTD) a les indústries d'alimentació, begudes i làctics, de conformitat amb la Directiva 2010/75/UE del Parlament Europeu i del Consell:

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2019-81871>

4. Beneficis

- ✓ Estalvi d'aigua
- ✓ Compliment normatiu
- ✓ Millora de la productivitat
- ✓ Posicionament i valor compartit

➤ Implementació de sistemes avançats per la regeneració d'aigües de neteja

1. Descripció

Les aigües provinents dels processos de neteja de la indústria alimentària acostumen a portar una alta càrrega de compostos orgànics, olis, greixos, i també compostos químics, impureses i altres contaminants. El tractament adequat de les aigües procedents de la neteja pot permetre la recirculació interna per a altres usos de planta auxiliars i no consumptius, ajudant a reduir el consum d'aigua.

Alguns dels sistemes que permeten tractar aquesta mena d'aigua en funció de la seva complexitat (normalment es requereix més d'una tecnologia/es) són:

Processos de filtració, microfiltració o ultrafiltració: consisteixen en la separació selectiva de matèria en suspensió, partícules, matèria col·loidal o microorganismes per obtenir permeats; és a dir, aigües filtrades lliures d'aquests elements. Disminueixen el consum de productes químics i són efectius en el tractament d'efluents complexos com ara lixivats. Són sistemes molt adaptables a variacions en les concentracions d'aigua d'entrada i amb una operativa relativament senzilla.

Processos d'Oxidació Avançats (AOP): impliquen el tractament de l'efluent amb compostos altament oxidants, com ara el peròxid d'hidrogen (H_2O_2), que combinats amb l'aplicació de llum ultraviolada (UV) són altament eficaços per descompondre els contaminants de les aigües de neteja, facilitant-ne la regeneració per ser, posteriorment, recirculades en processos propis o reutilitzades en usos externs.

Processos biològics: Consisteixen en la separació i depuració de les aigües utilitzant microorganismes. Els bioreactors de membranes (MBR) són un sistema que combina un procés biològic de tractament amb una membrana d'ultrafiltració o microfiltració. Els microorganismes descomponen la matèria orgànica present en les aigües residuals, mentre que les membranes retenen les partícules en suspensió o microorganismes, deixant pas només a l'aigua tractada.

Els processos anomenats anteriorment, en la majoria dels casos, podran necessitar pretractaments previs perquè el sistema funciona de manera òptima (coagulació, floculació, decantació, flotació, etc.). De la mateixa manera, una vegada obtinguda l'aigua regenerada i en funció del seu ús, caldrà tenir sistemes d'emmagatzematge i conservació.

Aquests tractaments se solen combinar actualment amb el «water pinch analysis» una tècnica d'optimització que utilitza els principis bàsics de la dinàmica de fluids per reduir el consum d'aigua de xarxa i recircular corrents d'aigua del procés segons cabals i criteris de reutilització d'aquestes.



2. Sectors on és aplicable (llista de subsectors preestablerta).

- a. Productes per a l'alimentació animal
- b. Transformació fruita-verdures
- c. Indústries càrnies
- d. Productes de fleca i pastes alimentàries
- e. Productes lactis
- f. Molineries
- g. Elaboració i conservació de peix i productes de peix
- h. Olis i greixos vegetals i animals
- i. Sucre, cafè, infusions i confiteria
- j. Altres productes alimentaris
- k. Begudes analcohòliques i aigua embotellada
- l. Begudes alcohòliques

3. Recursos i informació externa

El RD 1085/2024 estableix els criteris sanitaris i tècnics per a la reutilització d'aigües regenerades en diferents usos, incloent-hi els usos industrials agroalimentaris. Segons aquest decret, l'aigua regenerada pot ser utilitzada en aplicacions industrials sempre que compleixi amb els criteris de qualitat especificats i no representi un risc per a la salut humana ni per a l'ambient, i en el cas de la indústria agroalimentària que **no estigui en contacte directe amb el producte**.

4. Beneficis

- ✓ Estalvi d'aigua
- ✓ Reducció del consum energètic
- ✓ Optimització de costos
- ✓ Compliment normatiu

➤ Automatització del control i presa de dades de l'EDAR.

1. Descripció

Les aigües generades pel sector industrial tenen característiques i menes de càrregues contaminants molt diverses, de tal manera que moltes indústries requereixen un tractament de depuració específic de les seves aigües residuals abans de ser abocades a clavegueram. Aquest tractament té lloc a les EDAR industrials. Els costos energètics i d'explotació d'aquestes EDAR poden ser elevats, de tal manera que l'ús de tècniques de supervisió i control intel·ligent específiques pot garantir una gestió més adient i eficient, optimitzant també el consum d'aigua.

La implementació d'una plataforma de control intel·ligent a la planta és capaç de controlar i monitorar paràmetres de qualitat, rendiment dels equips i reduir dels costos energètics garantint la qualitat de l'efluent.

Alguns exemples d'aquestes tecnologies poden ser:

Plataformes de control automàtic correctiu: aplicables a plantes que treballen amb mètodes biològics per a l'eliminació de matèria orgànica, nitrogen i fòsfor. Permeten el control automàtic del procés biològic i actuen dosificant l'oxigen segons les dades de l'efluent que entra.

Plataformes de control automàtic predictiu: Basats en algorismes que treballen a partir dels paràmetres de l'aigua d'entrada a la planta, per desenvolupar models predictius sobre els paràmetres del procés de depuració que ajudin a optimitzar aigua, reactius i energia. Aquests mètodes poden aportar millores importants a la supervisió/control dels processos i la seva utilització redunda en una millora de la gestió d'informació qualitativa, la generació de coneixement expert, la gestió de la incertesa i les potencials capacitats d'aprenentatge.



2. Sectors on és aplicable (llista de subsectors preestablerta).

- a) Productes per a l'alimentació animal
- b) Transformació fruita-verdures
- c) Indústries càrnies
- d) Productes de fleca i pastes alimentàries
- e) Productes lactis
- f) Molineries
- g) Elaboració i conservació de peix i productes de peix
- h) Olis i greixos vegetals i animals
- i) Sucre, cafè, infusions i confiteria
- j) Altres productes alimentaris
- k) Begudes analcohòliques i aigua embotellada
- l) Begudes alcohòliques

3. Beneficis

- ✓ Estalvi d'aigua
- ✓ Reducció del consum energètic
- ✓ Optimització de costos
- ✓ Compliment normatiu
- ✓ Millora d'estàndards de qualitat

Autors:

DARPA – Oficina de suport de la indústria.
A/e : suportindustria.agricultura@gencat.cat