

# **MANUAL TÈCNIC COMPARATIU DELS SISTEMES DE TRACTAMENT DE PURINS**

**DESCRIPCIÓ DE LES TECNOLOGIES I BASES PER AL  
CÀLCUL DE RENDIMENTS I COSTOS**



Amb la col·laboració de



febrer de 2006

**Dipòsit Legal B-4016-2006**  
v. 1.1  
febrer 2006

# ÍNDEX

Pròleg	5
Glossari de termes	9
1. Introducció	13
2. Conceptes teòrics	14
2.1. Caracterització del purí	
2.2. Problemàtica del purí	
2.3. L'elecció del tractament	
2.4. El purí i les seves fraccions	
2.4.1. Importància de tractar el purí fresc	
2.4.2. La fracció líquida i els seus usos	
2.4.3. La fracció sòlida i els seus usos	
2.5. Tipus de tractaments	
2.5.1. Sistemes de pretractaments	
2.5.2. Tractaments físics	
2.5.3. Tractaments fisicoquímics	
2.5.4. Tractaments biològics	
3. Tractaments físics	29
3.1. Separació de fases	
3.2. Tecnologia	
4. Tractaments fisicoquímics	31
4.1. Físicoquímics mixtes	
4.2. Físicoquímics	
4.3. Electroflotació- electrofloculació- electrocoagulació	
4.4. Separació mitjançant polímers	
5. Tractaments biològics	34
5.1. Processos bàsics en sistemes biològics	
5.2. Nitrificació- Desnitrificació discontinu de fangs activats	
5.3. Nitrificació- Desnitrificació discontinu de fangs activats seqüencial: SBR (Sequential Batch Reactor)	
5.4. Tractament biològic anaerobi: digestió anaeròbia	
5.5. Llacunatge	
6. Alternativa per a satisfer els requeriments energètics de la planta: la cogeneració	46
7. Requeriments de les instal·lacions de tractament de purins Enginyeria de les plantes de tractament	48

8. Esquemes d'alternatives de tractament	50
9. Beneficis i problemàtica associada als tractaments	57
10. Bases pel càlcul dels costos d'amortització i d'explotació	61
10.1. Introducció	
10.2. Definició de cost. Classificació	
11. Indicadors per al seguiment de cada tractament	65
11.1. Mostreig	
11.1.1. Material	
11.1.2. Tècniques de presa de mostres	
• Tipus de mostreigs	
• La presa de mostres	
• Què s'ha de mostrejar?	
11.1.3. Zones de mostreig	
11.2. Paràmetres analítics a controlar	
11.3. Definició i metodologia de seguiment dels paràmetres en cada tractament	
11.4. Instruments per al control dels paràmetres analítics	
12. Bases per al càlcul de les eficiències i rendiments	77
12.1. Eficiències	
12.2. Rendiments	

## BIBLIOGRAFIA

## PRÒLEG

La gestió integral de les dejeccions ramaderes és un repte que, lluny d'estar assolit, condiona la viabilitat de la indústria ramadera dels països més desenvolupats. Si mirem el passat recent de la nostra ramaderia, veiem com es produeixen dues situacions, que han portat a dues variants del mateix problema: la primera situació es dona en indrets on la ramaderia és tradició i activitat econòmica rural des d'antic, i ha anat evolucionant cap a explotacions familiars petites o mitjanes combinades amb petites explotacions agràries. És el cas, per exemple, de la Plana de Vic, la plana gironina, regions àmplies del centre de la península ibèrica i, per posar com a exemple una regió més llunyana, la Bretanya, on els productes artesanals del porc vénen d'antic. L'altra situació es dona quan, amb l'aparició de les indústries fabricants de pinsos es multipliquen les granges amb l'objectiu de fer créixer i tancar el domini del cicle econòmic i productiu de la carn. Aquesta situació, típica i gairebé exclusiva de l'estat espanyol, es dona de forma clara i massiva a les comarques lleidatanes, al centre d'Espanya i al Llevant espanyol. Similar és l'evolució de Dinamarca que, amb una estructura econòmica diferent, no ha deixat de seguir un model de concentració de la producció. Amb totes les variants que pugui haver a Europa, i a molts d'altres indrets del món, s'ha abusat d'un gran desequilibri de nutrients, especialment el nitrogen i el fòsfor. Si fem la balança d'importació / exportació de nitrogen a Europa quedem esgarriats de les grans quantitats de soja, colza i altres productes vegetals rics en nitrogen, com ara els pèsols i els tramussos, que s'importen de fora del continent, i es queden aquí en forma de productes carnis, fertilitzants naturals (fems i purins) i residus nitrogenats (excedents d'aquests fems i purins). En el cas del fòsfor passa el mateix: grans quantitats de fòsfor inorgànic i procedent de fonts orgàniques és importat per quedar-se segrestat en els sòls europeus posant-los en una situació de clar excedent d'aquest element. Menys mediàtics però no menys greus són els excedents de metalls pesants com el zenc, que també s'acumulen en els sòls europeus procedents dels aliments per als animals.

Ningú pot negar que els purins i els fems contaminen. Contaminen quan són produïts en excés i quan els sistemes agrícoles no els poden absorbir i reciclar. Aquest fet passa amb molts d'altres residus, com els fangs de les depuradores urbanes i de les indústries. Tampoc no pot negar ningú que la cabana ramadera s'ha concentrat en unes zones concretes que, degut a aquestes situacions socioeconòmiques que hem comentat al principi, les han posades en una situació ambiental insostenible. És legítim esmentar en aquest text el llibre que el Grup de Defensa del Ter ha publicat recentment: "Les fonts que tenim: Osona i el Lluçanès", on es publiquen centenars de resultats d'anàlisis químiques de nitrats de fonts de tota aquesta comarca. Els resultats, exposats en aquesta publicació amb prou simplicitat, ens mostren l'estat actual de les fonts de la Plana de Vic i el Lluçanès, amb resultats molt sovint majors de 200 ppm o mg/l, sobrepasant de llarg qualsevol límit acceptable o raonable. També cal esmentar però, els avenços produïts en la gestió de les granges, la

seva modernització, i l'augment en la sensibilitat dels ramaders, que actualment accepten gairebé unànimement el problema i en busquen constantment solucions. Hi ha hagut, a més, un esforç per part dels Col·legis Professionals d'Enginyers Tècnics Agrícoles, Enginyers Agrònoms i Veterinaris perquè els ramaders tinguin un Pla de Dejeccions i per ajustar les dietes al cicle fisiològic del porc, en l'àmbit de la gestió integral, per tal de reduir l'excreció. Cal comentar, per últim, els resultats publicats i exposats per les administracions comarcals, que s'esforcen per remarcar les millores que hi ha hagut en alguns sectors, el major control que tenen sobre les explotacions i la millora important de la qualitat dels embassaments. Totes les parts tenen raó, i cadascuna d'elles ha fet, més o menys, esforç durant els últims quinze anys per solucionar un problema que afecta a milers de ciutadans. No poden pas dir gaires regions d'Europa que hagin fet tant per a conscienciar la població, els sectors industrials i els pagesos i per a proposar mesures al respecte. Però, ni de bon tros s'ha arribat a una situació bona, ni tan sols acceptable. Encara avui en dia a tot el país són massa freqüents els abocaments de purins directament als rius i torrents, les granges que no disposen d'autoritzacions per funcionar i menys per a gestionar les seves dejeccions de forma correcta, les aplicacions abusives de fems i purins en camps sense conrear i moltes d'altres situacions que ens porten a pensar que encara hi ha molta feina a fer.

La gestió més raonable dels fems i purins és l'agricultura, però aquesta és, sens dubte, només una solució per una fracció dels fems i purins produïts, ja que en les zones excedentàries la terra necessària per a una bona aplicació és molt superior a la disponible. Hi ha ja molts balanços fets per empreses, associacions de productors i les mateixes administracions que ho demostren. A part d'aquesta situació d'excedent, hi ha el greu problema, potser un dels més greus, que és la composició química dels purins líquids de porc: com que s'han produït en unes instal·lacions on no hi ha ni palla ni serradures com a jaç dels animals (pràcticament totes les granges industrials es crien els porcs sobre esllats i fosses de formigó), els purins es formen a partir de la barreja de la orina, els excrements i l'aigua residual de la neteja i dels abeuradors, i esdevenen líquids. S'emmagatzemen sota els animals durant setmanes i després s'evacuen a basses d'emmagatzematge externes a la granja. El resultat és que el nitrogen dels purins està en la seva major part en forma d'amoni, dissolt en l'aigua i a punt d'ésser transformat a nitrat en el sòl. La conseqüència de tot això és que encara que es tingui molta cura en el moment d'aplicar-lo als camps, serà molt difícil que no hi hagi pèrdues de nitrogen cap al subsòl i per tant cap a les aigües soterrànies. A més això provocarà més necessitats de nitrogen de la planta. Amb les varietats altament productives que actualment es planten a la majoria d'indrets del país, aquest problema es fa comú.

Per tant, un gran repte a llarg termini per a la producció ramadera és produir fertilitzants orgànics que siguin menys contaminants per a les aigües

subterrànies, o sacrificar una mica la producció a canvi de fertilitzar amb productes menys solubles i que s'assimilin més lentament per les plantes.

De manuals de bones pràctiques agrícoles, així com de referències, recomanacions, sistemes de control i gestió dels purins en la seva vessant de fertilitzant agrícola en disposem. Aquesta publicació fa èmfasi en la part dels purins que hem de destinar a tractament o depuració ja que són un excedent per a la nostra explotació. Per tant ha de ser un complement a la gestió integral de les dejeccions, una eina per a ajudar a prendre decisions per part del ramader, i per conèixer de forma força entenedora una part de la solució. Pensem que la publicació que teniu a les mans va dirigida a les següents persones o col·lectius:

- Ramaders que estiguin criant bestiar i que tinguin consciència del problema, encara que no estiguin en les zones de més concentració de cabana ramadera.
- Associacions de ramaders que vulguin lliurar un exemplar d'aquesta publicació als seus associats i els vulguin oferir una publicació senzilla, esquemàtica, sobre possibles solucions per als tractaments de dejeccions.
- Estudiants de carreres tècniques relacionades amb l'agricultura i la ramaderia que vulguin conèixer el tema dels tractaments de les dejeccions i puguin, en el seu moment, assessorar millor al ramader.
- Estudiants d'escoles agràries i centres de formació professional agrària. Aquests joves, que molts d'ells tenen explotacions, podran ajudar als seus pares a prendre decisions i a comprendre millor el problema.
- Tècnics que treballin en empreses al servei de la ramaderia i l'agricultura. Aquests tècnics, que sovint són els tècnics responsables de la redacció dels plans de dejeccions, disposaran de més informació, clara i objectiva, que podran comparar amb altres publicacions i amb la informació procedent de les empreses que ofereixen tractaments.

La presa d'una decisió que vagi encaminada a un tractament de les dejeccions sempre és difícil. Hem de pensar que la majoria de tecnologies són joves o molt joves en el camp de la ramaderia, que moltes d'elles vénen del sector de les aigües residuals i que no està clar que funcionin amb un producte, el purí, que sovint té més de vint vegades més de concentració d'elements a tractar. Per això es fa èmfasi en el control de costos dels tractaments, les eficiències, les

amortitzacions, el personal dedicat, etc. I al fet que el proveïdor de la tecnologia s'impliqui en el funcionament de la planta. Malauradament són molts els fracassos que hi ha hagut en explotacions que van decidir invertir en una depuradora de purins i que, amb el temps, els costos assumits han estat molt superiors als esperats, i el què és més greu, que la tecnologia al final no ha estat vàlida per a assolir els nivells de tractament requerits. Però cal considerar també que actualment hi ha prou tecnologies perquè, escollides amb encert després d'un seriós estudi, donen solucions més econòmiques que les que molts ramaders han d'escollir forçosament: pagar quantitats molt elevades de diners pel lloguer de les terres de conreu per a aplicar-hi els purins i els costos cada vegada més elevats de transport i aplicació al camp.

El patronat de Fundació Agrícola Catalana té una especial preocupació pel tema del binomi agricultura-ramaderia, i els efectes que la seva relació té sobre el medi ambient. En aquesta línia, ha fet estudis, articles, i ara aquesta publicació per fer divulgació al respecte, sempre intentant donar informació clara, objectiva i fàcilment comprensible. Som conscients que, encara que hi hagi una competència cada dia major amb els països que produeixen productes agroalimentaris més econòmics, sovint amb unes característiques no tan satisfactòries o atractives com les dels nostres productes, és necessari mantenir l'activitat agroramadera, ja que va directament lligada a molts més aspectes importants a més de la producció: l'ocupació i equilibri del territori, el manteniment del paisatge, el manteniment d'unes professions i uns valors humans, etc. En aquest aspecte les associacions sectorials i les administracions haurien de fer més esforços per a promoure el paper que els agricultors, ramaders i totes les altres persones que treballen i viuen del camp i del bosc, han de fer en el futur. Potser la ramaderia industrial, la que s'ha transformat a un model més estrictament pensat per produir el màxim i al menor preu possible, i que és en el fons la que més nitrogen residual produeix, és la que està més amenaçada, ja que el paper mediambiental i territorial és més dubtós.



## GLOSSARI DE TERMES

**Àcid gras:** àcid carboxílic que pot alliberar-se per hidròlisi dels greixos i dels olis naturals.

**Adob:** substància orgànica o mineral que conté un o diversos elements químics indispensables per al creixement dels vegetals i que, addicionada al sòl, el compensa de les deficiències que pugui tenir d'aquests elements.

**Aerobiosi:** forma de vida dels organismes o els teixits que obtenen l'energia que els cal per a mantenir llur activitat metabòlica de processos d'oxidació en els quals l'oxigen molecular ha d'intervenir com a oxidant final..

**Afluent:** líquid que entra en un procés de tractament o pretractament.

**Aigües freàtiques:** aigües relatives o pertanyents a les aigües subterrànies.

**Anaerobiosi:** forma de vida, descoberta per Pasteur, dels éssers que no necessiten oxigen lliure i obtenen l'energia de reaccions d'oxidació en les quals l'acceptor final d'electrons és la matèria orgànica.

**Anòxia:** disminució o manca d'oxigen molecular a l'ambient.

**Biodegradació:** transformació d'un substrat complex en substàncies més simples feta per un organisme.

**Biomassa:** massa total de la matèria viva existent en una comunitat o en un ecosistema.

**Càrrega d'alimentació :** aportació de purí.

**Desnitrificació:** transformació del nitrat a nitrogen atmosfèric.

**DBO:** Quantitat d'oxigen dissolt que consumeixen unes aigües residuals durant l'oxidació química de les substàncies que transporten. L'assaig més usual és el que quantifica la demanda bioquímica d'oxigen a cinc dies (DBO<sub>5</sub>).

**DQO:** Quantitat d'oxigen dissolt que consumeix l'afluent durant l'oxidació química de les substàncies que transporta.

**Efluent:** líquid que surt d'un procés de tractament o pretractament.

**Eutrofització:** l'augment de la concentració de compostos nitrogenats provoca un creixement accelerat d'algues i/o plantes aquàtiques superiors, causant trastorns negatius en l'equilibri de les poblacions biològiques presents en el medi aquàtic i en la pròpia qualitat de l'aigua.

**Fangs:** residu de consistència pastosa, més o menys carregat d'aigua, que prové de la depuració de les aigües usades, de la descomposició *in situ* de la vegetació, o de tractaments industrials.

**Fermentació:** procés pel qual la matèria orgànica es va descomponent per efecte dels bacteris aerobis( que necessiten oxigen per efectuar els seus processos metabòlics).

**Fertilitzant:** s'entén per fertilitzant qualsevol substància que contingui un o diversos compostos nitrogenats i s'apliqui sobre el terreny per augmentar el creixement de la vegetació, inclosos el fem, el compost, els residus de les piscifactories i els fangs de depuradora.

Els fertilitzants es classifiquen en aquesta publicació en els tipus següents:

- Fertilitzants tipus 1: fems amb llit (per exemple: vaquí, compost, etc.)
- Fertilitzants tipus 3: fertilitzants minerals.
- Fertilitzants tipus 2: fem sense llit (per exemple: purí de porc i gallinassa, fang de depuradora, aigües residuals).

**Fertirrigació:** tècnica d'aplicació de fertilitzants químics en dissolució aquosa mitjançant l'aigua de reg.

**Floculació:** tractament al qual se sotmeten els sòlids disgregats dispersos en el si d'un fluid per tal de formar agregats de partícules de mida i proporcions suficients que facin possible la separació del sòlid per sedimentació.

**Floculant:** reactiu químic, habitualment un polímer d'origen orgànic, que, afegit a una suspensió, provoca l'agregació de les partícules sòlides.

**Líquid de mescla:** és el líquid de dins el reactor biològic.

**Lixiviació:** procés que consisteix en la migració descendent d'elements solubles, originada per l'aigua de pluja.

**Llot:** (veure *fangs*).

**Mineralització:** transformació de compostos orgànics a amoni

**Nitrificació:** pas de formes amoniacals a nitrats.

**Oligoelements:** elements químics minoritaris, que formen la matèria viva.

**Oxidació:** terme aplicat actualment a qualsevol transformació en la qual un element augmenta el seu nombre d'oxidació.

**pH:** logaritme decimal canviat de signe de l'activitat del ió hidrogen en una solució, que n'indica el grau d'acidesa o basicitat.

**Polielectròlit:** Polímer natural o sintètic amb constituents iònics (catiònics o aniònic que s'utilitza per a agrupar partícules no dissoltes, en forma de flocs, o per a espesseir fangs.

**Polímers:** macromolècules (generalment orgàniques) formades per la unió de molècules més petites anomenades monòmers que, afegit a una suspensió, provoca l'agregació de les partícules sòlides.

**Sòlids fixes:** són aquells materials suspesos o dissolts que es troben en una mostra i resten en un recipient després d'una calcinació a 550°C.

**Sòlids totals:** són aquells materials suspesos o dissolts en una mostra que resten en un recipient després d'evaporar tota l'aigua de la mostra a 103°C.

**Sòlids volàtils:** són aquells materials suspesos o dissolts que es troben en una mostra i que són susceptibles de ser calcinats a 550°C.

**Stripping:** separació de les fraccions volàtils d'una mescla líquida mitjançant destil·lació o evaporació, o mitjançant el pas de vapor d'aigua, aire o un altre gas a través de la mescla.

**Torbera:** tipus de vegetació propi de medis entollats, caracteritzat per la presència abundant i exclusiva de molses o d'herbes hidròfiles, que es transformen en torba, la qual s'acumula al fons de la torbera.

**Tractaments mesofílics:** tractaments en els quals els microorganismes que hi intervenen tenen una temperatura òptima de 30 a 40 °C la qual permet el seu correcte desenvolupament.

**Tractament primari:** primera fase del procés de depuració, que consisteix a eliminar la major part dels sòlids en suspensió per mitjans mecànics, físics o químics.

**Tractament secundari:** segona fase del procés de depuració, que consisteix a eliminar els contaminants orgànics mitjançant l'aplicació d'un tractament biològic o un altre tipus de tractament alternatiu.

**Tractament terciari:** tercera fase del procés de depuració, que consisteix a aplicar processos de depuració complementaris per tal de disminuir els contaminants que resten després del tractament secundari, com ara nutrients, metalls pesants o compostos orgànics de síntesi.

**Tractaments termofílics:** tractaments en els quals els microorganismes que hi intervenen tenen una temperatura òptima de 50 a 70 °C la qual permet el seu correcte desenvolupament.

**Vector:** dit de l'agent físic o biològic que porta un germen patògen a un individu sa, com a simple transportador o com a hoste parasitat.

**Zona vulnerable:** superfície de terreny designada així en aplicació del Reial decret 261/1996.

## 1. INTRODUCCIÓ

La funció d'aquesta publicació és bàsicament complementària a les guies, llibres, pàgines web i altres publicacions que es poden disposar en el camp de la gestió de dejeccions ramaderes. La informació que es presenta, recolzada amb una àmplia bibliografia, descriu amb senzillesa algunes de les qüestions importants de cara al tractament d'aquestes dejeccions.

El fet que la normativa actual, tan estatal com catalana obligui a gestionar correctament les dejeccions, fer-ne un seguiment i demostrar-ho a l'administració fa que el sector es vagi modernitzant quant a sistemes de depuració, pretractament i gestió integral de fems i purins. En el cas de Catalunya, el Decret 50/2005, de 29 de març, de desplegament de la Llei 4/2004, reguladora del procés d'adequació de les activitats existents a la Llei 3/98, de la intervenció integral de l'administració ambiental, i de modificació del Decret 220/2001, de gestió de dejeccions ramaderes, regula els plans de dejeccions, juntament amb el mateix Decret 220/2001. Aquests plans de dejeccions obliguen a quantificar la producció de dejeccions, amb el nitrogen associat, la terra disponible per a la seva aplicació agrícola i l'excedent, que haurà d'ésser tractat.

Però la situació actual no és encara prou bona, sobretot pel que fa a la implantació de tecnologies de pretractament i tractament a l'explotació, doncs els plans de dejeccions encara no han estat prou requerits per l'administració i per tant no han estat implantats arreu. Ens trobem en una situació on rarament el ramader pot justificar la destinació precisa de les seves dejeccions, i en el cas que disposi d'un sistema de tractament, poques vegades controlarà la seva eficiència, eficàcia i el seu cost real aproximat. Moltes de les empreses que fa uns anys oferien tecnologies de tractament de purins, incloses les que pertanyien als grans grups industrials i tecnològics multinacionals, han abandonat el mercat de la depuració de purins de porc cansats de no vendre cap depuradora. A inicis de l'any 2005, poques són les empreses que a Catalunya estan capacitades, tecnològica i financerament, per donar servei al ramader i assegurar-li uns rendiments i uns costos òptims o si més no acceptables.

Amb l'ajuda de la informació que us presentem es pot complementar la informació disponible per a prendre decisions en el moment d'escollir tecnologies, i exigir als proveïdors les garanties que un sistema de tractament de residus ha de tenir. Recomanem que, una vegada fet el pla de dejeccions, incorporeu al llibre de gestió de les dejeccions els criteris de seguiment, avaluació dels rendiments i de control que us exposem aquí, per aconseguir una bona justificació de la correcta gestió. És possible elaborar unes fitxes de seguiment de la qualitat dels afluents i efluents de les plantes de tractament per a obtenir una informació senzilla i fiable dels rendiments i dels costos. Només cal escollir els paràmetres segons recomanacions del fabricant i fer els controls en els punts i amb la periodicitat recomanada en aquest llibre, i incloure tota la informació en el llibre de seguiment de les dejeccions dins del pla de gestió.

## 2. CONCEPTES TEÒRICS

### 2.1. CARACTERITZACIÓ DEL PURÍ

El purí és el resultat de l'excreció del bestiar, sobretot porcs i altres animals que tinguin sistemes de retenció de les dejeccions en forma líquida, barrejat amb les aigües residuals procedents de la neteja de les instal·lacions de la granja. Una altra definició seria la següent: el purí (o fems líquid o sucs) és el producte líquid constituït per la barreja de dejeccions sòlides i líquides d'animals domèstics, restes del seu jaç i d'aliments, en quantitats variables, generalment amb un contingut d'aigua superior al 85% en pes.

El purí, presenta una gran variabilitat en la seva composició físico-química i biològica, però en general es caracteritza per tenir:

1. poca matèria orgànica.
2. una elevada biodegradabilitat.
3. elevada quantitat de sòlids totals en comparació amb l'aigua residual.
4. elevat contingut d'aigua en comparació amb altres residus o subproductes ramaders.
5. molta quantitat de nitrogen en forma amoniacal.
6. relacions dins dels paràmetres següents:

- relació  $SV/ST \pm 0,7$
- relació  $DQO/ST \geq 1$
- relació  $DBO_5/DQO \pm 0,5$

On; SV: sòlids volàtils  
ST: sòlids totals  
DQO: demanda química d'oxigen  
DBO<sub>5</sub>: demanda bioquímica d'oxigen.

7. presència important d'unitats fertilitzants en termes de Nitrogen (N), fòsfor (P) i potassi (K) (Prats, 1994)
8. alcalinitat elevada
9. contingut de coure elevat

En una planta depuradora poden entrar dejeccions de característiques variables, a més de productes de neteja i antibiòtics.

### 2.2. PROBLEMÀTICA DEL PURÍ

El purí comporta bàsicament aquests problemes quant a la seva capacitat de tractament:

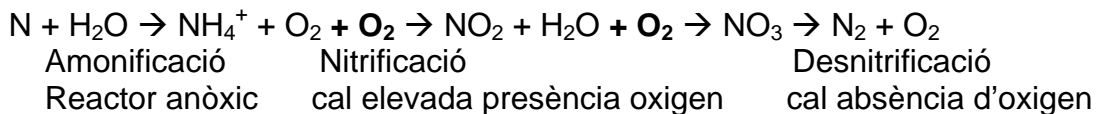
- l'alta càrrega contaminant nitrogenada.
- la quantitat de matèries en suspensió (dificulta el tractament i el maneig).
- la composició de la fracció líquida.

- les males olors (causa problemes respiratoris als porcs i és molest per a les persones).

La fracció líquida del purí conté bàsicament dos tipus de contaminants majoritaris diferents: les càrregues formades per compostos de carboni (mesurat amb els paràmetres DQO-DBO<sub>5</sub>) i les càrregues formades per compostos de nitrogen (mesurades amb els paràmetres N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> o nitrogen amoniacal, N-NH<sub>3</sub> o nitrats i Norg o nitrogen orgànic).

El tractament de les càrregues carbonatades es fonamenta en què les bacteries aeròbiques s'alimenten del carboni present en les cadenes orgàniques. Del seu procés metabòlic, en què utilitzen l'oxigen, s'obté diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i aigua. Aquest procés s'anomena mineralització.

En el tractament de les càrregues nitrogenades es pretén transformar les formes de nitrogen orgànic i amoniacal que són presents en la fracció líquida del purí en nitrogen gas (N<sub>2</sub>), que és un gas inert i que representa el 78% de la composició de l'aire atmosfèric. Cal esmentar que aquest és el procés més complert i ecològic, ja que retorna a l'atmosfera el nitrogen en la seva forma gasosa natural, contràriament a les emissions directes d'amoníac, que és un gas nociu i de clars efectes negatius (efecte hivernacle). Aquest procés de conversió del nitrogen es dona en 4 etapes:



A part de les càrregues contaminants un altre problema associat a les dejeccions ramaderes és l'olor.

Les condicions anaeròbiques incontrolades que es poden donar sota els esllats produeixen els gasos causants de les males olors. Aquests gasos són el sulfur d'hidrogen (H<sub>2</sub>S), l'amoníac (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) i molts compostos orgànics volàtils que afecten les mucoses i les vies respiratòries tan dels animals com de les persones.

Una degradació de l'amoníac i la mineralització dels compostos orgànics condueixen a la disminució de les males olors.

Tot i els principals problemes esmentats anteriorment, el purí també està associat un altre problema de contaminació important. Els nitrats i el fòsfor afavoreixen l'eutrofització, és a dir, la formació d'algues que al morir-se són descompostes per microorganismes que utilitzen l'oxigen dissolt en l'aigua fins al punt d'esgotar-lo i causar un medi on no hi pugui viure cap organisme aerobi. Els purins contaminen també el medi aeri ja que més de la meitat del nitrogen que contenen està en forma amoniacal. Aquest amoníac s'evapora si no s'incorpora al sòl i un cop a l'atmosfera reacciona amb altres substàncies provocant gasos d'efecte hivernacle. Es calcula que força més del 15% del nitrogen residual produït per una granja s'acaba emetent a l'atmosfera en forma d'emissions amoniacals.

El purí provoca l'emissió de metà ( $\text{CH}_4$ ), amoníac ( $\text{NH}_4^+$ ), òxid nitrós ( $\text{N}_2\text{O}$ ) i partícules amb un diàmetre inferior a 10 micres.

Un dels problemes en quant a la sostenibilitat de l'aplicació agronòmica dels purins és el desequilibri del nitrogen i del fòsfor aplicats a la terra.

En els sistemes de tractament de les dejeccions no s'han desenvolupat sistemes d'eliminació de fòsfor en els que s'hagin obtingut uns resultats prou eficients, per tant, ara per ara, només es pot separar i concentrar. Per solventar la problemàtica que suposa un excés d'aquest element, caldria que es portessin a terme actuacions directes en la millora dels cultius, i conseqüentment en l'alimentació animal.

L'addició de fitasses (enzims que augmenten l'eficiència en l'assimilació del fòsfor) als pinsos permet una reducció del contingut de fòsfor en el pinso sense minves en la producció, amb una conseqüent disminució del fòsfor residual en els purins.

Posteriorment a la reducció en l'origen, el fòsfor es pot separar del conjunt del purí mitjançant les tècniques de separació sòlid-líquid i restar en la fase sòlida.

Hi ha bàsicament tres sistemes d'eliminació de fòsfor:

- Eliminació biològica paral·lela de P i N: els microorganismes que eliminen el fòsfor l'acumulen procedent de l'aigua en fase aeròbica i l'incorporen per sintetitzar polifosfats. Aquests s'acaben retirant del sistema mitjançant les purgues dels fangs.
- Utilització de calç ( $\text{CaCO}_3$ ) per tal de precipitar el fòsfor en forma de fosfat càlcic.
- Precipitació de l'ortofosfat mitjançant l'addició de sals inorgàniques i posteriorment transferint aquests fangs novament a capçalera de planta per tal que puguin passar una altra vegada pel procés de separació sòlid-líquid.

### 2.3. L'ELECCIÓ DEL TRACTAMENT

A l'hora de plantejar-se l'elecció d'un sistema de tractament de purins sorgeix la necessitat de conèixer en primer lloc la quantitat i la composició de les dejeccions produïdes però també l'ús al qual volem destinar-les. Llavors es procedeix a definir l'alternativa més adequada per tal de solucionar el problema que suposa el purí.

Actualment hi ha una disponibilitat tecnològica que permet aportar solucions a qualsevol situació: una separació de fases per reduir el cost de transport, eliminar nitrogen, recuperar nitrogen i/o fòsfor en forma mineral per tal d'utilitzar-los com adob o esmena, l'obtenció de compost, l'obtenció d'aigua adequada per a reg, producció d'energia, etc...



L'actuació d'una planta de tractament de purins pretén, a part de minimitzar la contaminació dels aqüífers per nitrats, la desinfecció de les fraccions sòlida i líquida, la desodorització de l'explotació, la recuperació dels subproductes i l'autoamortització de la inversió.

A l'hora d'implantar un tractament cal que l'empresa tingui en compte els següents paràmetres bàsics, que donaran la informació més important dels purins de l'explotació:

- Volum generat de dejeccions.
- Volum anual d'entrada al sistema de tractament (que normalment coincidirà amb el volum excedentari que no podrà ser destinat a les terres agrícoles sense ésser tractat).
- Valors dels següents paràmetres analítics del purí: Matèria Seca, Nitrogen Total Kjeldahl, Nitrogen Amoniacal, Demanda Química d'Oxigen, Conductivitat.
- Valors dels següents paràmetres analítics previstos a la sortida: Matèria Seca, Nitrogen Total Kjeldahl, Nitrogen Amoniacal, Demanda Química d'Oxigen, Conductivitat.

En la gestió de fems i purins es pot plantejar l'alternativa de realitzar un tractament del residu en plantes centralitzades de tractament, també existeix l'opció de contractar una empresa que gestioni les dejeccions produïdes o es pot realitzar una gestió pròpia.

El fet de realitzar una gestió pròpia comporta una sèrie de beneficis entre els quals es poden destacar els següents:

- No es depèn de sistemes externs a l'explotació.
- Limitació del risc sanitari degut a l'entrada i sortida de camions de recollida dels residus.
- Eliminació del cost de transport.

No hi ha un tractament estàndard per aplicar sobre un residu estàndard. L'elecció d'un sistema determinat o d'un altre dependrà de diversos factors: (Flotats, X, *et al*, 2001).

- Característiques químiques del residu.
- Balanç de nutrients en la zona que es trobin les terres a les quals es vol aplicar.
- Necessitats de fertilitzant que calen cobrir.
- Capacitat d'emmagatzematge a les granges.
- Impacte ambiental de les instal·lacions necessàries.
- Costos de transport.
- Preus de l'energia i dels combustibles.
- Economies d'escala.
- Polítiques legislatives, fiscals, sectorials, etc...

Un ramader es trobarà, en la majoria dels casos, en una de les tres situacions diferents:

- 1- Que es trobin en equilibri la producció de residus de la seva granja amb les necessitats dels cultius.
- 2- Que hi hagi un excedent de nitrogen a les seves terres.
- 3- Que es trobi en zona vulnerable i per tant que la zona en què es trobi sigui una zona excedentària.

Per altra banda seria interessant contemplar les necessitats del mercat en el que es podran introduir els possibles productes valoritzats que s'obtinguin del tractament dels purins. Aquests mercats són l'energètic, el de fertilitzants minerals i el de fertilitzants orgànics.

Les necessitats amb les que es pot trobar un ramader i que el condicionaran en el moment d'escollir un tractament de purins són:

- Transportar el purí fora de la zona d'aplicació del pla de gestió.
- Valoritzar el residu: estabilització del residu, extracció i recuperació de nutrients.
- Cobrir necessitats específiques dels cultius.
- Adequar la composició del residu als requeriments dels sòls, dels cultius, del medi ambient i de l'entorn.
- Higienitzar el residu.
- Produir energia per autosubministrament .
- Regular cabals dels purins.

El sistema de tractament ha de ser adaptable a les característiques de cada granja, aprofitant en el major grau possible les basses d'emmagatzematge, i si fos el cas els terrenys agrícoles per tal de reutilitzar l'aigua tractada.

El sistema de tractament ha de permetre assolir els nivells d'eficiència i els rendiments necessaris segons quines siguin les necessitats del ramader i també el destí final de l'aigua, és a dir si es reutilitza, s'aboca a col·lector, a llera pública o a riu.

Els sistemes de tractament segueixen un esquema general però que és susceptible de modificar-se segons les característiques de la granja i del purí generat. Condiciona molt en aquest aspecte l'edat del purí, és a dir, si és fresc o ha estat emmagatzemat molt de temps.

## 2.4. EL PURÍ I LES SEVES FRACCIONS

### 2.4.1. IMPORTÀNCIA DE TRACTAR EL PURÍ FRESC

L'acumulació dels purins sense tractar en el fossat, l'acumulació contínua fins omplir el fossats o el buidat irregular dels fossats a basses reguladores a celobert o cap a les macroplantes depuradores són actuacions que afavoreixen el tractament d'un purí envellit, un purí fermentat. Aquest purí envellit serà molt menys adequat pels seu maneig, tractament i fins i tot aplicació a l'agricultura. Els avantatges de treballar amb un purí fresc són els següents:

1. Si s'evita la descomposició incontrolada, permet un control de les males olors.
2. En el purí fresc, el carboni està en forma més degradable, cosa que permet que estigui en millors condicions per ser tractat. El purí envellit dificulta, per exemple, el procés de desnitrificació.
3. Menys emissions a les naus, comportant un ambient més net i menys problemes sanitaris.
4. El purí fresc té menys separació de fases; quan el purí fa moltes setmanes que és a la fossa, s'han acumulat gran quantitat de sòlids en el fons.

Per això cal un buidat diari del fossat, en cas de que es disposi de sistema de tractament cal que el buidat diari es dirigeixi cap a la planta de tractament de la granja. Aquesta és la situació òptima, però que en la majoria de les explotacions les instal·lacions no ho permeten fer. Existeix també la possibilitat d'usar sistemes en continu on el purí constantment s'extreu de la granja, passa per un sistema de separació de fases i és posteriorment emmagatzemat en un dipòsit d'homogeneïtzació. Aquest dipòsit serà dimensionat en funció del número d'animals d'aquesta explotació i del període en què s'hauran d'emmagatzemar els purins, abans de passar a la fase següent. L'emmagatzematge del purí comporta una flexibilitat del sistema i afavoreix el tractament posterior, però també pot portar problemes de sedimentació, formació de pel·lícules superficials i males olors. Per solucionar aquests possibles inconvenients s'incorporen en aquesta bassa sistemes d'agitació.

#### 2.4.2. LA FRACCIÓ LÍQUIDA I ELS SEUS USOS

La fracció líquida del purí es pot valoritzar, és a dir, si es sotmet a un determinat procés es pot aprofitar de diferents maneres, segons les necessitats i característiques de l'explotació. Depenent de quina valorització se'n vulgui fer serà més adequat un tractament o un altre. Cal fer esment que la línia de tractament de la fracció líquida ha de ser tractada a la pròpia granja, ara bé, per tal d'obtenir una bona valorització cal que hi hagi un bon sistema de separació sòlid-líquid, d'aquesta manera també s'incrementa la quantitat de sòlids com a subproducte.

Si la valorització es fa com a aigua de fertirrigació (aplicació de la fracció líquida diluïda directament als conreus), un bon sistema és l'electroflotació. Si es vol abocar a col·lector caldria una electroflotació més un tractament biològic SBR (*Sequential Batch Reactor* o Reactor Seqüencial per Lots). Si es vol abocar a llera pública, caldria per exemple, una electroflotació, seguit d'un tractament biològic i finalment realitzar un llacunatge d'alta càrrega.

Fracció líquida per a adob i reg (fertirrigació):

La fracció líquida un cop tractada pot contenir un determinat contingut de sals i elements dissolts que la fan aprofitable per als cultius, però no amb criteris estrictes de reg, ja que hi ha, per exemple, clars limitants com la conductivitat. Segons els càlculs agronòmics que comparen la conductivitat del sòl amb la de l'aigua a aplicar, les dosis admeses seran majors o menors. La fertirrigació

comporta una major eficàcia econòmica i agronòmica respecte el reg convencional, però no confondre el reg, que és una aportació d'aigua per a millorar el rendiment dels cultius, amb una fertirrigació, que consisteix en aplicar nutrients i sals als conreus amb una fracció líquida que conté aquests nutrients i aquestes sals.

L'aprofitament que s'obté de l'aigua depurada per a reg no és mai del 100%. Les necessitats netes de reg seran majors. Les pèrdues són degudes a la vaporització, percolació, escolament, fracció de rentat, etc. i per tant s'ha d'aportar una quantitat complementària per cobrir aquestes pèrdues.

Quan l'aigua vagi destinada a reg, caldrà tenir en compte que al portar una determinada concentració de micro i macro elements suposarà una aportació complementària de fertilitzant en els diferents cultius.

Per conèixer la qualitat sanitària de l'aigua cal valorar els indicadors químics i biològics que es basen en l'avaluació dels organismes presents en aquesta. Els indicadors que s'usaran permeten mesurar la quantitat de matèria orgànica. Dos dels índex més emprats són la DQO i la DBO<sub>5</sub>. Altres paràmetres de mesura són les matèries en suspensió, el carboni oxidable, els coliforms totals i/o els coliforms fecals.

Aigua per a neteja:

La fracció líquida un cop tractada pot ser reciclada per rentar les instal·lacions ramaderes. Depenent de quina sigui l'àrea a netejar i el sistema de neteja que s'utilitzi, caldrà un tractament amb uns requeriments o uns altres. Es recomana que, si es recicla l'aigua per a neteja, s'utilitzin tècniques de desinfecció totalment netes com l'ozonització, que permetran higienitzar molt les instal·lacions.

Abocament a clavegueram públic i/o a tractaments terciaris i abocament a riu :

Els abocaments a llera pública, regulats al nostre país pel Reglament del Domini Públic Hidràulic (RDPH), es realitzen directament a riu, torrent o bé a col·lectors que finalment van a parar a llera pública, al subsòl, a infiltracions sobre el terreny, etc. Tots els abocaments han d'ajustar-se a unes condicions i límits fixats per a l'administració competent (Confederacions Hidrogràfiques, Agència Catalana de l'Aigua, Organismes insulars, etc...) per a assegurar la seva innocuïtat.

En la Llei d'Aigües de 1985 i el seu posterior desenvolupament en el Reglament del Domini Públic Hidràulic van llistar un seguit de taules que actuen de referent pels límits dels abocaments. Pel que fa als abocaments a riu o torrent de poc cabal s'ha de complir la columna 3 de la Taula 2. Si el riu és molt cabalós preval la columna 1 de la taula 2.

Si es vol abocar a llera pública s'ha d'ajustar al reglament vigent de l'agent local corresponent (Ajuntament, Mancomunitat de Municipis, Comarca, Consorci, etc.) responsable de la gestió del sistema de sanejament. En aquests

reglaments d'àmbit local a part del text corresponent hi ha un llistat de paràmetres fisicoquímics de qualitat d'afluent, on s'indiquen les concentracions límit de qualitat.

Paràmetre – Unitat	1	2	3
pH	5,5 – 9,5	5,5 – 9,5	5,5 – 9,5
Mes (mg/l)	300	150	80
Matèries sedimentables (ml/l)	2	1	0,5
Sòlids Gruixuts	Absents	Absents	Absents
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	300	60	40
DQO (mg/l)	500	200	160
Temperatura (°C)	3	3	3
Color (Inapreciable en dissolució)	1/40	1/30	1/20
Alumini (mg/l)	2	1	1
Arsènic (mg/l)	1	0,5	0,5
Bari (mg/l)	20	20	20
Bor (mg/l)	10	5	2
Cadmi (mg/l)	0,5	0,2	0,1
Crom III (mg/l)	4	3	2
Crom VI (mg/l)	0,5	0,2	0,1
Ferro (mg/l)	10	3	2
Manganès (mg/l)	10	3	2
Níquel (mg/l)	10	3	2
Mercuri (mg/l)	0,1	0,05	0,05
Plom (mg/l)	0,5	0,2	0,2
Seleni (mg/l)	0,1	0,03	0,03
Estany (mg/l)	10	10	10
Coure (mg/l)	10	0,5	0,2
Zinc (mg/l)	20	10	3
Cianurs (mg/l)	1	0,5	0,5
Clorurs (mg/l)	2000	2000	2000
Sulfurs (mg/l)	2	1	1
Sulfits (mg/l)	2	1	1
Sulfats (mg/l)	2000	2000	2000
Fluorurs (mg/l)	12	8	6
Fòsfor total (mg/l)	20	20	10
Amoníac (mg/l)	50	50	15
Nitrogen Nítric (mg/l)	20	12	10
Olis i greixos (mg/l)	40	25	20
Fenols (mg/l)	1	0,5	0,5
Aldehids (mg/l)	2	1	1
Detergents (mg/l)	6	3	2
Pesticides (mg/l)	0,05	0,05	0,05

Figura 1: Taula de límits d'abocament a llera pública d'Espanya, descrits en el "Reglament del Domini Públic Hidràulic" (RDPH) del Ministeri d'Obres Públiques. RD 849/1986 de l'11 d'Abril. (BOE 103).

### 2.4.3. LA FRACCIÓ SÒLIDA I ELS SEUS USOS

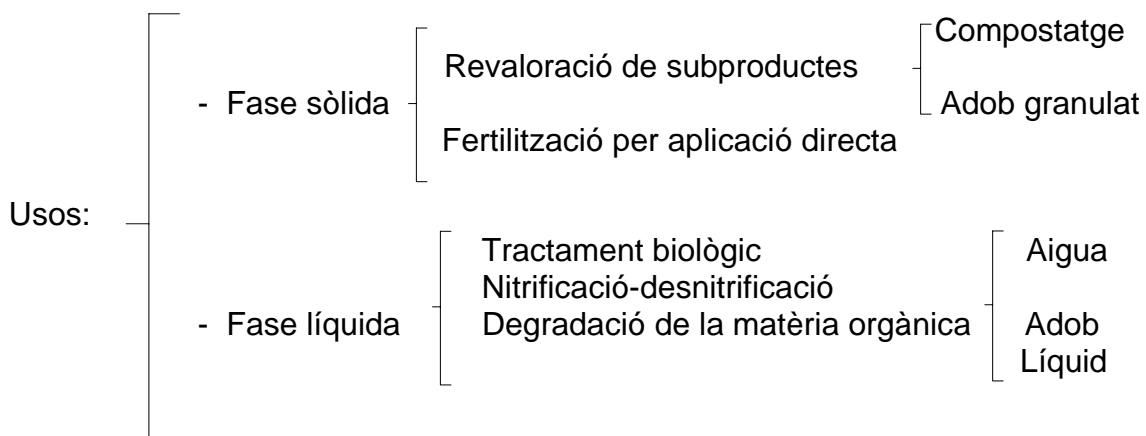
En els sòlids obtinguts en el procés de separació sòlid-líquid, segons quin hagi estat el sistema de tractament de separació aplicat, la fracció sòlida pot tenir diferents graus d'humitat. A més, té una composició variable segons l'origen, el tipus d'alimentació de l'animal i el tractament veterinari que hagi tingut el bestiar.

Aquesta fracció sòlida es pot sotmetre a diferents processos:

- Assecatge: realitzar un premsat/centrifugat suau dels sòlids o es pot realitzar una deshidratació d'aquests.
- Compostatge.
- Higienització.
- Enriquiment: per tal d'enriquir la fracció sòlida s'usen tècniques com l'"stripping" i/o la precipitació de sals.

La fracció sòlida també és valoritzable ja que és fàcilment manipulable i emmagatzemable, constitueix un fertilitzant i una fracció orgànica de bona qualitat i, a més, és una matèria primera per a les indústries de substrats vegetals, torberes, indústries de compostatge, per a la revegetació de zones degradades, etc. Si s'aconsegueix una estabilització de la fracció sòlida permet que aquesta sigui transportable a zones no excedentàries.

A continuació es presenta un esquema de les diferents utilitzacions de les fraccions del purí:



#### **Deshidratació mecànica:**

S'utilitza una centrífuga per tal de reduir el contingut en aigua dels sòlids. Per facilitar el procés d'extracció d'aigua s'afegeix polielectròlit.

#### **Assecatge tèrmic:**

La fracció sòlida del purí és assecada mitjançant l'aportació de calor i amb sistemes com l'assecat tèrmic per convecció en tambor rotatiu o el bescanviador de calor.

Els processos d'assecatge dels fangs i de la fracció sòlida comporten una despesa d'energia tèrmica important.

### **Compostatge:**

La fracció sòlida compostada és matèria orgànica que,

- ha estat estabilitzada fins a transformar-se en un producte semblant a les substàncies húmiques del sòl.
- està lliure de patògens i de llavors de males herbes .
- no atrau insectes o altres vectors.
- pot ser manejada i emmagatzemada sense molèsties.
- és beneficiosa per al sòl i el creixement de les plantes (Haug, 1993 i Soliva, 2001).

Un compostatge actiu genera quantitats importants de calor, de diòxid de carboni i de vapor d'aigua, alhora que redueix considerablement el volum i la massa (40%) de la mescla inicial, convertint-lo en una esmena agrícola d'alt valor, sempre que es faci bé el procés.

Els avantatges del compost són:

1. aplicat com a esmena al sòl
  - addiciona matèria orgànica
  - millora l'estructura del sòl
  - redueix el risc potencial d'erosió
  - redueix l'ús de fertilitzants
2. possibilitat de comercialització i d'obtenció d'un ingrés addicional
3. millora en el transport, degut a la reducció de volum i humitat
4. no produeix olors desagradables

El compostatge es realitza amb la fracció sòlida del purí que s'ha obtingut d'un sistema de separació. Aquesta fracció és en general rica en nitrogen i pobra en carboni, i la seva composició pot ser molt variable depenent de les qualitats del purí inicial i del procés a partir del qual l'hem obtinguda.

### Requeriments del compostatge

1. Aeració: l'activitat microbiològica consumeix oxigen (els microorganismes aerobis i anaerobis facultatius són els que porten a terme el procés) i és necessari reposar-lo mitjançant l'aeració del producte. Pot ser:
  - 1.1. Per volteig
  - 1.2. Per difusió passiva.
  - 1.3. Per aeració forçada

El volteig, a més, pot ajudar a controlar la temperatura i a homogeneïtzar la mescla, i permet regular l'excés d'humitat.

Una alçada en torn als 2m en les piles o fileres ajudarà a no ofegar la mescla -pel seu propi pes- i a mantenir i incrementar la temperatura.

2. Humitat: per a que la degradació es produeixi per l'acció dels microorganismes cal que hi hagi una humitat entre el 40 i el 65%.

Una manca d'humitat pot reduir la velocitat o fins i tot aturar el procés, mentre que un excés d'humitat pot produir un ofec en la mescla, comportant un descens de l'activitat aeròbia i l'aparició de males olors i lixiviats, dels que s'haurà de preveure la seva recollida.

3. Relació Carboni/Nitrogen: per iniciar el procés, entre 25 i 35 (Gotaas 1956, Golueke 1994). Una relació C/N ajustada afavoreix la cinètica del procés i una reducció de les pèrdues de Nitrogen (amoníac).

Un previsible excés de nitrogen en el purí comportarà un creixement microbià ràpid, però també pot provocar pèrdues de Nitrogen en forma d'amoníac i olors desagradables. És important en aquest punt indicar que degut a això es fa necessària la mescla amb restes de poda, palla o escorça que, a més d'aportar carboni, millora l'estructura de la mescla i afavoreix per tant l'activitat microbiològica.

4. Microorganismes: bacteris, fongs i actinomicets. Al final del procés trobem macrofauna, que ens indicarà que el procés ha finalitzat correctament i que el compost és estable (fase de maduració).
5. pH: el més convenient és que inicialment estigui entorn a 7. Un pH allunyat d'aquest valor afectarà a la cinètica del procés. En el cas dels compostos rics en nitrogen, els pH extremadament bàsics influeixen en la conservació del nitrogen (Soliva, 2001).
6. Temperatura: com a conseqüència de l'activitat microbiològica, la mescla pot arribar a assolir 70°C (microorganismes termòfils) en la fase de descomposició. L'assoliment d'aquestes temperatures assegura la higienització de la mescla (patògens, llavors de males herbes, etc.). Durant la fase de maduració la temperatura és inferior.

El compostatge consta de dues fases complementàries:

1. descomposició
2. maduració

En la fase inicial es produeix una descomposició de les molècules més biodegradables, un augment de l'activitat microbiològica i conseqüentment una pujada de la temperatura.

En la fase de maduració el nitrogen es fixa en molècules de pes molecular més gran, convertint el nitrogen en una forma orgànica més estable. Es realitza a temperatures més baixes.

És complex definir el temps que trigarem a obtenir compost com a conseqüència dels factors que poden intervenir (qualitats, estructura i porositat de la mescla, gestió, condicions atmosfèriques, etc.). En general, en condicions



favorables, el procés complet pot durar poques setmanes, tot i que un període superior a 2 mesos és habitual (Rink *et al.*, 1992).

### Controls

Bàsicament els indicadors de com s'està duent a terme el procés són:

- Temperatura: ens indica la fase en la que es troba el procés.
- Humitat: un excés de ventilació pot fer perdre humitat a la pila fins al punt d'aturar l'activitat d'aquesta.
- Olor: una forta olor a putrefacció pot indicar que s'estan donant condicions anaeròbies.

### **Higienització:**

És el procés d'eliminació de patògens, espores i llavors no desitjables. És un dels objectius dels sistemes aerobis termofílics (compostatge), així com dels anaerobis mesofílics. Aquests processos, en les seves fases finals, donen lloc a un producte on les larves d'insectes, cucs i altres elements de la fauna típica de la matèria orgànica humidificada hi són presents.

La higienització també es pot aconseguir en els sistemes de recuperació de compostos amoniacals si la variable de control del procés és la temperatura i aquesta es manté durant un temps determinat.

### **Enriquiment: l'stripping. Precipitació de sals.**

La paraula stripping significa expulsió. És una tècnica que s'utilitza per eliminar l'amoníac ( $\text{NH}_3$ ) i/o el sulfur d'hidrogen ( $\text{H}_2\text{S}$ ) de l'efluent líquid. Stripping es refereix a extreure components en forma de sals. Els components es troben en l'efluent de forma dissolta i es fa passar, a través d'aquest, un gas inert. En aquest procés, el gas inert arrossega el component dissolt, netejant l'efluent. Es posa en contacte llavors amb un àcid (en el cas de l'amoníac és l'àcid sulfúric), obtenint per reacció àcid-base, sulfat amònic en dissolució aquosa.

Amb la reacció de l'amoníac i l'àcid sulfúric, es produeix sulfat amònic en solució, obtenint un producte amb un valor fertilitzant. Aquest sistema de recuperació de l'amoníac s'ha utilitzat durant dècades en alguns sectors industrials.

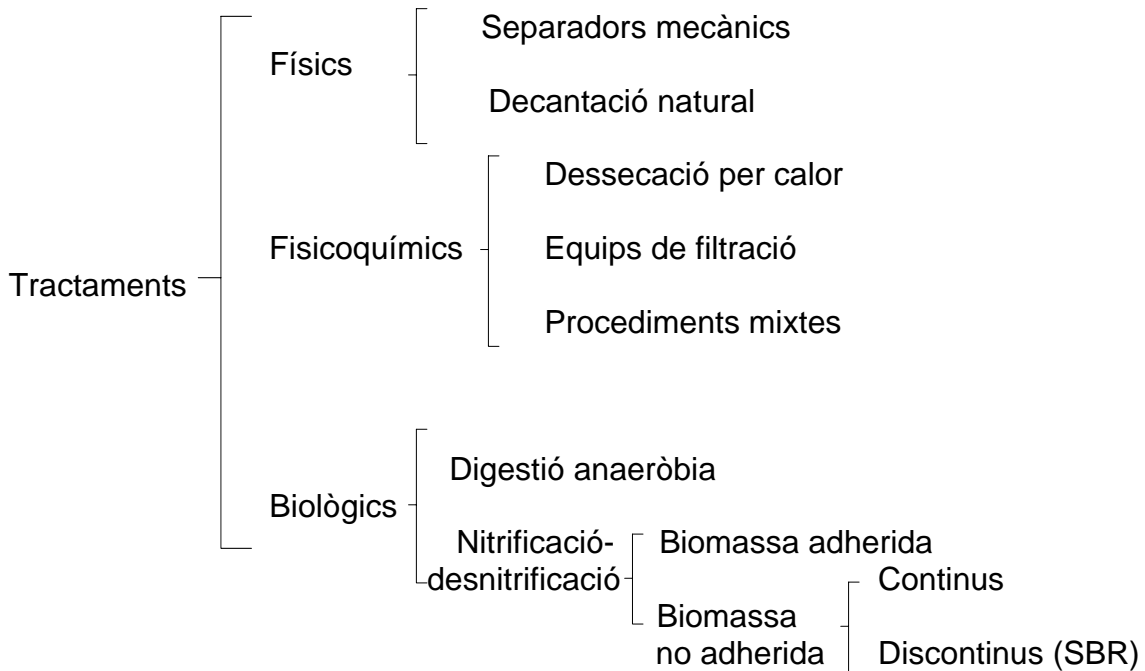
Per implantar un sistema d'stripping cal analitzar la quantitat de  $\text{NH}_3$  i  $\text{H}_2\text{S}$  present en la fase líquida.

## **2.5. TIPUS DE TRACTAMENTS**

S'entén per tractament una combinació de processos unitaris amb l'objectiu de realitzar una modificació de les característiques del residu per adequar-lo a la demanda com a producte de qualitat. En el cas dels purins o fems líquids,

seran els processos de depuració que donaran com a resultat una fracció sòlida i una de líquida, amb un grau diferent de depuració.

Hi ha tres línies diferents de tractaments que donen lloc a múltiples combinacions i diferenciacions i, per tant, a molta diversitat de tractaments diferents.



### 2.5.1. SISTEMES DE PRETRACTAMENT

#### COADJUVANTS:

Un sistema de tractament de purins pot anar acompanyat d'un sistema de pretractament que redueixi la contaminació inicial, que canviï la composició físico-química dels purins per a disminuir les males olors o que el prepari per a un millor i més fàcil tractament de depuració. Els coadjuvants són productes que tenen un efecte físic, químic o biològic sobre el purí amb aquesta finalitat.

Els objectius que persegueixen són els següents:

- 1- Disminució dels processos patògens digestius i respiratoris i per tant millora les condicions higièniques i sanitàries del bestiar.
- 2- Millora ambiental de l'explotació,
  - a. Fomenta el creixement microbià que permet obtenir menors concentracions de nitrogen amoniacal en el purí.
  - b. Redueix les emissions de gasos ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ...) a la granja.

- 3- Millora de l'eficàcia nutricional: es produeix un increment de l'aprofitament de la proteïna del pinso.
- 4.- Millora de característiques físiques dels purins: disminueix les crostes superficials, evita les capes anòxiques, millora l'homogeneïtat.
- 5.- Disminució de la proliferació de mosques i altres insectes presents en els purins, especialment degut a la manca de crosta.

Els coadjuvants s'addicionen per dues vies: via alimentació o via fosa (eslat). La forma d'ús, les dosis i la periodicitat vénen definits per cada fabricant.

Aquests productes poden tenir efecte químic, físico-químic, enzimàtic o biològic. En funció de la seva composició i el seu mode d'aplicació, actuaran sobre els components dels purins de diferent manera.

### 2.5.2. TRACTAMENTS FÍSICS

Aquests tractaments tenen l'objectiu de separar les dues fraccions de què es compon el purí; la fracció sòlida és la que té un major contingut de sòlids i normalment s'utilitza per a l'elaboració d'adobs i fertilitzants de més o menys qualitat. La fracció líquida té un contingut més baix de sòlids i és més fàcilment depurable. És a aquesta fracció a la que s'intentarà disminuir el contingut nitrogenat per tal de reduir la càrrega contaminant i permetre d'aquesta manera l'ús per a la fertilització dels camps de conreu sense perjudicar ni el sòl ni les aigües freàtiques.

Aquesta separació s'assoleix mitjançant dues tècniques, la separació per un procés físic, que implica la utilització de filtres o centrífugues, i la separació per gravetat, en què es produeix una sedimentació natural en un decantador.

### 2.5.3. TRACTAMENTS FISICOQUÍMICS

Els tractaments fisicoquímics estan basats en fenòmens de precipitació química, adsorció, desinfecció, floculació i/o transferència de gasos.

Lozano,(2003) comenta que no s'ha plantejat molt sovint la utilització d'aquests sistemes pel tractament de purins degut al seu elevat cost, funcionament irregular i maneig complex. Són sistemes que es poden aplicar quan no es poden aplicar els biològics. Si que s'utilitzen els fisicoquímics mixtes i seran desenvolupats amb més detall al llarg de la guia. Bona part dels tractaments fisicoquímics que es proposen per al tractament de purins són tecnologies procedents de processos de depuració d'aigües residuals, modificant les condicions o les dosis de productes químics.

### 2.5.4. TRACTAMENTS BIOLÒGICS

Es poden diferenciar alguns tipus bàsics de tractaments biològics dins de l'oferta actual de tractaments per a dejeccions ramaderes: la digestió anaeròbica i els processos de nitrificació- desnitrificació són els més estesos. La digestió termofílica o el llacunatge en són d'altres, poc implantats a Catalunya.

En els sistemes de nitrificació- desnitrificació es pot treballar a partir de dos tipus de biomassa:

- Biomassa adherida: es reté la biomassa amb biopel·lícules retingudes sobre un suport que pot ser fix o mòbil (degut a l'elevat contingut de sòlids del purí, aquest sistemes no s'utilitzen ja que hi ha problemes de colmatació dels filtres biològics)
- Biomassa no adherida (fangs activats): es manté en el reactor una concentració elevada de biomassa.

### 3. TRACTAMENTS FÍSICS

La major part de la matèria orgànica dels purins, està continguda en partícules en suspensió, la major part en forma col·loïdal.

Els separadors tenen la funció de separar una primera fracció sòlida formada per fibres, material no digerit, pèls i altres partícules sòlides amb un diàmetre superior a 1mm. A través de la matèria sòlida es pot retirar del procés entre un 20 i un 30% del nitrogen amoniacal. La resta queda dissolt en la fase líquida.

#### 3.1. SEPARACIÓ DE FASES

Hi ha els equips sotmesos a forces de pressió, on la separació de fases es dona per un premsat del purí (bisenfins, explellers, tambors rotatoris o premses de cilindres).

Hi ha els que estan sotmesos únicament a la gravetat i es fonamenten en un sistema de reixes de desbast.

Cada sistema d'aquests té els seus avantatges i els seus inconvenients.

A l'hora d'aplicar un equip o un altre s'haurà de tenir en compte que els equips que treballen únicament amb gravetat necessiten motors de 1 a 2 KW de potència mentre que els sotmesos a forces de pressió en requereixen fins a tres vegades més.

Un altre paràmetre que varia entre uns equips i uns altres és el percentatge de separació de nitrogen. A menys pressió sobre el purí, més separació de fases i una major separació també de nitrogen amoniacal per arrossegament. Per escollir-ne un, cal valorar en cada cas què convé més i valorar totes les fases del tractament posteriors a la separació sòlid-líquid.

Una bona separació de fases i per tant una reducció de sòlids en la fracció líquida, indueix també a una reducció de la DQO no soluble i per tant, difícilment metabolitzable en el procés posterior.

En cas que posteriorment es faci un tractament biològic, resulta avantatjosa aquesta separació ja que disminueix entre un 15-20% el volum a tractar en la propera fase.

#### 3.2. TECNOLOGIA

- Centrífugues: els rendiments vénen influenciats per l'edat del purí, la velocitat de rotació de la centrífuga i per la dosi de floculant addicionat per tal de millorar el procés.
- Premses.
- Tamís vibratori.

- Tamís lliscant.
- Tamís estàtic.
- Tambors de rotació.
- Filtres: són els més utilitzats.

Cal tenir clar que la separació de fases no resol el problema de contaminació, però sí que facilita el desenvolupament dels processos posteriors.

## 4. TRACTAMENTS FÍSICOQUÍMICS

### 4.1. FÍSICOQUÍMICS MIXTES

A vegades no és suficient la utilització d'un filtrat mecànic ja que aquest elimina el què s'anomenen sòlids grossos, i s'aplica, per extreure els sòlids dissolts, un tractament fisicoquímic en aquesta fase. Aquest tractament fisicoquímic comporta la incorporació d'additius. Aquest tractament es pot aplicar en un decantador o es pot fer en dipòsits amb agitació d'on s'extreuen el que anomenem fangs (que no tenen res a veure amb els fangs dels processos biològics de tractament).

Dins d'aquest grup de tractament existeixen moltes variants, com que és impossible descriure-les totes i tampoc és l'objectiu de la guia s'esquematitzaran els principals tipus.

### 4.2. FÍSICOQUÍMICS

La matèria orgànica continguda en els purins està en forma de fines partícules en suspensió, la major part en forma col·loïdal, i per tant no pot ser separada fàcilment aplicant sistemes mecànics simples (Hill i Tollner, 1980). La separació dels sòlids en suspensió utilitzant filtres i premses és poc eficaç i cal l'addició d'un reactiu químic per formar col·loides. Estudis fets pels mateixos autors o autors com Loehr demostren que cal addicionar una gran quantitat d'aquests reactius per obtenir bons resultats, i també floculants com el sulfat d'alumini, el sulfat de calci i/o el clorur fèrric que provoquen en el tractament de purins un gran volum de fangs addicionals que no es formarien amb altres tractaments.

La tecnologia aplicada en aquests processos és la coagulació, seguida d'una floculació i posteriorment es produeix una decantació ja sigui en un decantador o per separació mitjançant bisenfins del floculat.

Aquesta tecnologia precedeix normalment a una separació sòlid-líquid. Es pot procedir a realitzar aquest tractament en diferents etapes del procés, depenent dels objectius que es persegueixin. Si es vol aconseguir una qualitat determinada de l'efluent es pot fer ús d'aquesta tecnologia per assolir uns nivells de DQO, sòlids en suspensió i fòsfor menors als que s'obtindrien sense aplicar-lo. D'aquesta manera es podria per exemple, aconseguir valors que permetessin complir amb la majoria dels paràmetres per a abocament de l'efluent a llera pública.

En el mercat es troben tecnologies que combinen diferents tècniques. Un sistema convencional és aquell en el que es produeix una decantació amb reactius i una floculació separada de precipitats, en altres casos es produeix una flotació d'aquests precipitats.

Un tractament fisicoquímic amb acabat de decantació després de SBR redueix la DQO, els sòlids en suspensió i el fòsfor.

La combinació d'un tractament fisicoquímic seguit d'un tractament biològic, és un sistema molt estès, tot i que l'aplicació única de tractaments fisicoquímics és una altra alternativa. En cas d'escollir aquest sistema, cal controlar la qualitat de l'efluent final, ja que sol tenir molta conductivitat i sol estar molt limitada la possibilitat d'aplicar-se directament al sòl.

La coagulació és un procés de desestabilització de la matèria orgànica suspesa. En aquest procés hi ha l'addició de reactius coagulants. En els processos de floculació és essencial que hi hagi una important aeració del purí, és a dir, presència de petites bombolles d'aire.

La floculació és una agregació de la matèria orgànica coagulada en partícules de major grandària, que té per objecte la separació de la matèria suspesa no filtrable. Per dur a terme aquest procés s'addiciona un polímer orgànic comercial (polielectròlits catiónics d'alt pes molecular).

Un cop s'obté el purí floculat es filtra i s'obté un purí clarificat que pot anar a un dipòsit de regulació abans d'entrar a la fase de tractament biològic o directament en els dipòsits on té lloc el tractament biològic, depenent de com s'hagi dissenyat la planta, o bé, a una bassa de llacunatge.

Aquesta filtració es duu a terme mitjançant diferents tècniques:

1. Equip de flotació d'aire dissolt (DAF). El procés consisteix en unir les partícules floculades que entren al flotador mitjançant petites bombolles d'aire procedents del sistema de pressurització per tal que formin agregats de menor densitat que l'aigua i flotin. Aquests agregats formen una capa flotant que es pot separar de la superfície del flotador mitjançant un element rascador.
2. Mitjançant una combinació de bisenfins i tamisos rotatoris (tamisos amb pas de malla inferior a 1mm que roden sobre un eix i que deixen passar el líquid) que arrossegueu el flocul i el separen de la fracció líquida.
3. L' electroflotació.

Els sistemes fisicoquímics permeten eliminar amb millors rendiments i en menor temps les partícules en suspensió que un sistema de sedimentació natural.

El control i la regulació del volum de reactiu a addicionar i els paràmetres de control d'aquesta etapa es poden fer de forma automàtica, però en els processos que usin tècniques menys avançades, cal un control exhaustiu ja que la heterogeneïtat de la composició del purí fa que s'hagi d'anar modificant la dosi del polímer i del coagulant, i aquests dos elements no sempre tenen el mateix efecte de floculació sobre el purí. És aconsellable disposar en els dipòsits on es realitzi la floculació de detectors de nivell per evitar vessaments incontrolats.



#### 4.3. ELECTROFLOTACIÓ- ELECTROFLOCULACIÓ- ELECTROCOAGULACIÓ

L'electroflotació és un procés electroquímic que es fonamenta en el pas de corrent continu per plaques generalment de ferro a través de les quals es fa circular el purí. Aquesta injecció de ions forma un coagulant que produeix una floculació dels sòlids en suspensió i dels col·loides. Degut a aquesta reacció genera bombolles d'oxigen i d'hidrogen que permeten que els sòlids flotin en forma d'espuma. La separació d'aquesta fracció sòlida en suspensió i col·loïdal es pot realitzar per un filtratge amb filtre de bandes, centrífugues o filtres premsa, tenint en compte que en aquests processos cal l'addició d'una quantitat de polielectròlit important.

És important considerar el fet que addicionar ions en comptes d'un producte químic com podria ser el sulfat d'alumini o el clorur fèrric fa que no augmentin la quantitat de sals en l'aigua a tractar.

Aquest tractament comporta un elevat consum d'energia, però té una eficàcia molt més elevada que els filtrats estàtics o els mecànics en l'eliminació de nitrats.

#### 4.4. SEPARACIÓ SÒLID-LÍQUID MITJANÇANT POLÍMERS

En aquest cas el que produeix la floculació no són reactius químics sinó polímers i copolímers biodegradables anomenats PAMs catióniques (poliacrilamides), que són solubles en el purí. Aquestes PAMS catióniques desestabilitzen les partícules en suspensió i estableixen enllaços químics entre elles formant partícules de major grandària i més fàcilment separables. La dosificació del polímer com també la dels reactius químics és un factor molt important a controlar, ja que una incorrecta dosificació pot produir efectes negatius, per exemple, en el procés de digestió anaeròbia. (J.Mtnez-Almela, et al.,2001)

Aquesta tecnologia provoca la floculació de col·loides i comporta que la fracció sòlida, per flotació, es situï a la superfície del dipòsit on té lloc la transferència iònica de separació de fases.

Un cop s'ha produït aquesta separació, la fracció sòlida es posa en contacte amb un sistema de separació físic, com pot ser un tamís rotatiu i són separats els col·loides. És important que els sistemes de separació físics disposin de sistemes d'autoneteja.

Aquest sistema, produeix una reducció del nitrogen orgànic i amoniacal, una eliminació d'olors, obté una òptima separació sòlid-líquid i a més s'obté una reducció d'oligoelements (ferro, coure, zinc, manganès, cobalt, iode,...) i fòsfor. És un excel·lent sistema quan es volen valoritzar les fraccions líquida i sòlida.

## 5. TRACTAMENTS BIOLÒGICS

El fonament del tractament biològic és la reducció de la càrrega contaminant orgànica dissolta per transformació biològica en un producte suspès extraïble per mitjans físics.

Es diferencien dins d'aquests tractaments, diferents variants, segons quins i com es donen els processos bàsics:

- Tractament biològic de Nitrificació-desnitrificació discontinu de fangs activats.
- Tractament biològic de Nitrificació-desnitrificació discontinu de fangs activats seqüencial: SBR (Sequential Batch Reactor)
- Digestió anaeròbica
- Extensiu: fitodepuració o llacunatge

### 5.1. PROCESSOS BÀSICS EN SISTEMES BIOLÒGICS

#### *Homogeneïtzació*

L'homogeneïtzador rep inicialment el purí de les fosses o de la bassa d'emmagatzematge. És important que l'homogeneïtzació es faci ben feta per diverses raons, la primera d'elles és per evitar variacions de cabals i de concentració de càrrega contaminant, i la segona, per evitar la sedimentació de partícules al fons del tanc. És convenient que aquests tancs siguin cilíndrics i que estiguin proveïts d'un agitador, ja que això afavoreix el procés.

En l'homogeneïtzador a part d'haver un agitador, pot haver-hi un airejador submergit per aportar condicions aeròbiques. Si no hi ha airejador es poden afavorir, a vegades i depenent del volum dels dipòsits i de la seva forma, les condicions d'anòxia. Si es donen aquestes condicions és típica la formació d'una crosta superficial. Aquesta fase es coneix habitualment amb el nom de predesnitrificació. En aquest dipòsit hi van a parar purgues de pròximes nitrificacions, d'aquesta manera s'aporta una gran quantitat de DBO fàcilment biodegradable.

#### *Reactor biològic de fangs actius: nitrificació*

El purí entra gradualment al dipòsit de nitrificació procedent de la fase anterior i es sotmet a una intensa aeració i agitació. En aquest cas hi ha variacions entre els sistemes de distribució d'aire, que pot ser bombejat des de sota o canalitzat des de sobre.

Aquesta fase afavoreix :

- L'eliminació de les formes carbonades.
- La formació de flòculs bacterians que engloben la matèria particulada en suspensió per llavors procedir a una decantació.

- L'acció metabòlica dels bacteris nitrificants que produeixen nitrats ( $\text{NO}_3^-$ ) com a producte final.

És important que en aquest procés es mantinguin unes relacions i uns paràmetres dins d'uns intervals determinats, i que, a més, el procés estigui monitoritzat al màxim: (Henz, 1995; Bicudo & Svoboda, 1995; García & Fernández-Polanca, 1996; Flotats et al, 1998; Méndez, 1996):

- ❖ Relació C/N (DQO/NKT)  $>5.3$ , i en cas de tractaments de tan sols fracció líquida cal que sigui de com a mínim 8,4.
- ❖ Concentració d'oxigen suficient, entre 0.5 i 2.5 mg/l.
- ❖ pH òptim 8-9.
- ❖ Temperatura òptima: 20-40°C, la nitrificació s'inhibeix per sota de 4-5 °C i per sobre dels 50 °C.
- ❖ Potencial redox: d'aquest paràmetre no se'n poden donar valors exactes ja que cada tecnologia té uns valors òptims en els quals el tractament funciona de manera correcta.
- ❖ Alcalinitat: informa de la capacitat tampó del medi degut a la presència de bicarbonat, cosa que permet una autoregulació del pH del medi. Es produeix una disminució de l'alcalinitat

Prèviament a un tractament aerobi cal que s'hagi dut a terme una separació de fases.

#### *Reactor anaerobi: desnitrificació*

Per tal de reduir o eliminar al màxim totes les formes nitrogenades contingudes en el purí, cal que es vagin alternant les etapes aeròbies i anaeròbies. En aquest procés s'utilitza una font de carboni externa que porta a terme una reducció bioquímica del  $\text{NO}_3^-$  obtingut en el procés de nitrificació. El  $\text{NO}_3^-$  s'anirà transformant progressivament en  $\text{N}_2$  gràcies a l'acció dels microorganismes en condicions d'anaerobiosi. Cal que en la fase d'aerobiosi es produeixi prou  $\text{NO}_3^-$  per ser reduït a  $\text{N}_2$ , sinó el purí seguirà tenint unes concentracions elevades de  $\text{NH}_4^+$ , ja que l' $\text{NO}_2^-$  tendeix a acumular-se en condicions regulars de l'explotació.

Condicions operacionals que afavoreixen el procés de nitrificació i desnitrificació (cal que estigui monitoritzat):

- ❖ Relació C/N (DQO/NKT)  $>1.7$
- ❖ Concentració d'oxigen no mesurable. Inferior a 0,2 mg/L.
- ❖ pH òptim 7-9.

- ❖ Temperatura òptima: 65°C. Alerta que en incrementar-se la temperatura disminueix la solubilitat de l'oxigen i s'afavoreix el procés de desnitrificació.
- ❖ Potencial redox: al igual que el procés de nitrificació, cada tecnologia té les seves referències respecte aquest valor.
- ❖ Alcalinitat: el procés d'anaerobiosi produeix un increment de l'alcalinitat respecte el procés de nitrificació.

### *Decantador*

Abans de finalitzar el tractament biològic es fa passar el purí a un decantador de tipus cònic, d'aquesta manera s'extreuen els fangs que es condueixen cap al tractament de fangs. També es produeix una purga i un efluent que pot anar a una bassa d'acumulació.

### *Sistema de recirculació i purgues*

En els sistemes de depuració biològics es produeix una gran quantitat de biomassa que produeix un desequilibri en el sistema. Per tal de solventar aquest problema i mantenir constant la població microbiana a la que s'ha afavorit el seu creixement al llarg del sistema, es procedeix a extreure part d'aquesta biomassa. Aquesta biomassa, subproducte de la planta, se li aplicarà un sistema de digestió o reoxidació. Un altre avantatge de realitzar les purgues és que en la fase on es produeix la purga s'afavoreix una major activitat de la flora microbiana restant.

Les purgues permeten el control del que s'anomena edat dels fangs i els temps de retenció hidràulica i cel·lular dels reactors, paràmetres de gran incidència pels processos d'eliminació biològica de nutrients.

### *Línia de fangs*

L'extracció dels fangs del sistema té lloc en el decantador on una part és recirculada cap a la l'entrada de la planta, a la fase d'homogeneïtzació.

El tractament que es realitza al fang és el d'espessiment, posant-lo en contacte amb una solució de polielectròlit dins d'un dipòsit anomenat espessidor. El fang roman allà durant un temps determinat fins que es produeix una estabilització del fang i una extracció del líquid.

Un tractament alternatiu dels fangs és la deshidratació total d'aquests a partir d'un sistema físic o per mitjà de processos tèrmics amb l'objecte de reduir el pes i el volum.

L'evacuació de fangs com a subproducte del sistema permet tancar el cicle de nutrients del sistema.

## 5.2. NITRIFICACIÓ- DESNITRIFICACIÓ DISCONTINU DE FANGS ACTIVATS

El tractament de fangs activats amb nitrificació-desnitrificació pot estar dissenyat amb tres models diferents:

**Sistema convencional o Wuhrmann** → Aquest sistema consisteix en l'esquema clàssic de la nitrificació-desnitrificació, en el que el purí és airejat en un reactor de fangs actius i posteriorment conduït al reactor d'anòxia. En la fase de nitrificació es produeix la major eliminació de la matèria orgànica i la transformació d'amoni a nitrit i finalment a nitrats. En la fase d'anòxia es transformen els nitrats generats en la fase anterior en nitrogen molecular, gas inert.

**Sistema modificat de Ludzack-Ettinger** → en aquest model es situa la fase d'anòxia abans que la fase de nitrificació. Amb això s'afavoreix que la major part del nitrogen en forma orgànica passi a forma amoniacal. Posteriorment passa al reactor aeròbic on els bacteris transformen l'amoníac en nitrits. Des d'aquest tanc hi ha una recirculació de la fracció líquida del purí cap al dipòsit d'anòxia. En la reacció que produeixen els bacteris agafen l'oxigen del nitrats ( $\text{NO}_3^-$ ) que han arribat de nou al tanc procedents de la recirculació per tal de desenvolupar reaccions metabòliques que alliberaran com a producte residual nitrogen gas a l'atmosfera ( $\text{N}_2$ ).

Aquest sistema, a diferència del convencional, ofereix millors eficiències en l'eliminació de contaminació nitrogenada.

**Sistema Bardenpho** → En aquest sistema hi ha 4 dipòsits, dos funcionant en condicions d'anaerobiosi i els altres dos en aerobiosi. El sistema comença amb una desnitrificació i s'alterna amb una nitrificació. Hi ha una forta eliminació de nitrogen orgànic i amoniacal i a més, la fase d'aireig final elimina el nitrogen gas contingut en el líquid del reactor i minimitza el contingut de fòsfor.

## 5.3. NITRIFICACIÓ- DESNITRIFICACIÓ DISCONTINU DE FANGS ACTIVATS SEQUÈNCIAL: SBR (SEQUENTIAL BATCH REACTOR)

Els reactors seqüencials de flux discontinu, en anglès, Sequential Batch Reactors (SBR) són una modificació del procés convencional de fangs activats, que, a diferència d'aquest, és un tractament discontinu i tota la seqüència d'operacions es realitza en un sol reactor, que fa les funcions de reactor biològic i de sistema de separació i recirculació de fangs, i es substitueixen els decantadors secundaris i els flotadors. Les funcions d'aquest tanc estan controlades i temporalitzades en períodes o seqüències (Herrera, 2001).

Aquest procés es basa en els mateixos principis que els tractaments de nitrificació- desnitrificació però s'alternen per un mateix lot de purí dues o més vegades aquests processos.

En el procés aeròbic s'aporten uns temps concrets d'oxigenació i agitació, necessaris per portar a terme correctament els processos. En la fase de desnitrificació final s'acaba de reduir el nitrogen que no s'ha reduït amb una sola fase de desnitrificació. Es pretén evitar la síntesi de  $N_2$  i d'aquesta manera evitar en l'etapa posterior la decantació, que seria difícil ja que aquests ascendirien.

En un reactor SBR es defineixen un nombre determinat de cicles de funcionament que es van succeint i es repeteixen per una mateix volum en el temps en funció de la instal·lació. Es poden definir les etapes següents:

**Emplenat:** el purí clarificat s'introdueix al reactor i serveix d'aliment a les diferents bactèries existents en el reactor.

**Anòxia:** en condicions d'absència d'oxigen, les diferents bactèries heteròtrofes (*Pseudomonas* desnitrificants) realitzen el procés de desnitrificació.

**Aeració:** en condicions aeròbiques, les bactèries autòtrofes i nitrificants (*Nitrosomonas* i *Nitrobacter*) realitzen la nitrificació i un procés d'eliminació de matèria orgànica.

**Decantació:** el líquid mescla del reactor decanta per gravetat

**Buidat :** s'extreu l'efluent depurat.

**Purga de fangs:** el fang concentrat en el fons del reactor es purga de forma controlada per mantenir una concentració òptima de microorganismes en el reactor.

Si s'aplica un tractament fisicoquímic i posteriorment un SBR, no existeix decantador secundari (avantatge respecte un sistema convencional de fangs activats).

**SBR:** Un reactor pot estar compost per un o més tancs. Cada tanc té un cicle de 5 etapes bàsiques seqüencials en el temps (Irvine et al, 1979, Sbasaeed, 1999). Aquestes etapes són les següents:

- **Càrrega:** a l'inici del cicle el reactor es troba parcialment ocupat per un volum de licor mescla molt concentrat, la fase líquida del qual té, pràcticament, la mateixa concentració que l'efluent del cicle anterior. D'aquesta manera, l'afluent del pretractament entra al reactor establint contacte amb la biomassa del cicle anterior.
- **Reacció:** aquesta etapa es pot subdividir en diferents períodes o fases, anaeròbiques i aeròbiques segons el que es vulgui aconseguir (nitrificació, desnitrificació, eliminació de fòsfor, selecció de bacteris no

filamentosos,...). Segons Abasaeed (1997) el carboni orgànic és quasi totalment eliminat en aquesta etapa.

- **Sedimentació:** després d'una etapa de reaccions aeròbiques que eliminen problemes de desnitrificacions de fangs no desitjades, els sistemes d'aireig es paren automàticament. És el temps durant el qual els floculs de llots són separats de l'afluent tractat. La sedimentació es produeix per gravetat i, degut a la gran superfície de decantació del reactor i l'absència de flux d'entrada al reactor, la decantació és altament eficaç.
- **Descàrrega:** l'efluent ja tractat s'extreu del reactor evitant que els microorganismes s'escapin. Aquests microorganismes resten al reactor fins que es fa necessària la seva eliminació mitjançant la purga. Les purgues permeten, doncs, controlar la concentració de microorganismes del reactor i, per tant, l'edat dels fangs.
- **Parada:** aquesta etapa correspon als casos en què hi ha un temps entre les etapes de càrrega i descàrrega. Pot considerar-se una etapa de trànsit o d'espera entre cicle i cicle quan les circumstàncies ho requereixen.

Les fraccions de temps corresponents a cada etapa del cicle són molt variables. Els valors més típics són els mostrats a continuació: 10% de càrrega, 50% de reacció, 20% de sedimentació, 10% d'evacuació de l'afluent (descàrrega) i 10% de parada. La duració de cada etapa es fixa en funció del tamany i la composició de la càrrega, la necessitat de satisfer una demanda d'oxigen i un nivell de consum energètic el més econòmic possible, així com altres requeriments com poden ser l'addició de nutrients (Irvine & Bush 1979; Kang & Park, 1997).

En general els processos SBR són capaços d'eliminar eficaçment un dels dos elements a tractar més majoritaris i presents en el purí. Com es veurà a continuació, si es vol eliminar N i P a la vegada els rendiments seran més baixos (Barajas, 2002).

## Alternatives per a l'eliminació de nitrogen i fòsfor

Per a l'eliminació dels nutrients, el procés SBR permet distingir entre dos tipus de cicles diferents:

### Cicles Simples

Exceptuant les etapes de sedimentació i de descàrrega, que són comunes a tots els cicles, els cicles simples només consten de dues etapes: la de càrrega i la de reacció.

En l'etapa de càrrega es poden donar condicions d'anòxia o anaeròbiques i en la de reacció es donen condicions aeròbies. També es poden donar casos de càrregues estàtiques (sense agitació) i etapes de reacció on es donin condicions exclusivament anaeròbiques o anòxiques i aeròbiques.

Aquests cicles es caracteritzen perquè només es nitrifica (condicions aeròbiques) una sola vegada de manera que una fracció important dels nitrats generats surten del reactor amb l'efluent (Carucci et al., 1994 i 1997; Danesh & Oleskiewicz, 1997; Iura et al., 1996; Manning & Irvine, 1985; Rim et al., 1997; Umble & Ketchum, 1997).

L'avantatge d'aquests cicles per eliminar fòsfor és que eviten que el període anòxic/anaeròbic rebi una càrrega de nitrats importants. Així, els nitrats no han de ser desnitrificats en el cicle següent. D'aquesta manera la competència entre desnitrificadors i OAFs (organismes acumuladors de fòsfor) disminueix, resultant un avantatge quan l'afluent és pobre en àcids grassos. L'inconvenient d'aquests cicles és que el contingut de nitrats de l'afluent pot arribar a ser massa elevat.

Una estratègia per augmentar el rendiment d'eliminació de nitrogen consisteix en obtenir una desnitrificació parcial en el període aeròbic de reacció. Aquest fenomen està documentat en processos continus com a nitrificació-desnitrificació simultània. En aquests processos es pot assolir una pèrdua de nitrogen atribuïda a la desnitrificació en el reactor de nitrificació (EPA, 1993). Tradicionalment, aquest fenomen s'atribueix a les irregularitats d'oxigen dissolt en el reactor i a la dificultat que suposa que l'oxigen es difongui a l'interior dels flòculs biològics (EPA 1993; Münch et al., 1996). Alleman & Irvine (1980) van observar que en un SBR en el qual només es volia nitrificar es va produir una important desnitrificació en les etapes de decantació i parada.

Münch et al. (1996) han comprovat que un SBR que nitrifiqui a 1 mg O<sub>2</sub>/L inhibeix l'activitat del *Nitrobacter*, que transforma el nitrit a nitrat. En aquestes condicions, l'espècie dominant del període anaeròbic de reacció és el nitrit enlloc del nitrat. A més han comprovat que en aquestes condicions la desnitrificació es produeix a concentracions d'oxigen dissolt més elevades del normal.

## Cicles Complexes

Aquests cicles es caracteritzen perquè es propicien condicions aeròbies durant l'etapa de càrrega anòxica/anaeròbia o durant l'etapa de reacció anòxica/anaeròbia (per exemple una desnitrificació postanòxica). L'objectiu és nitrificar i desnitrificar durant les etapes inicials i mitjanes del cicle per poder rebaixar la concentració de nitrats al final de l'etapa de reacció.

L'avantatge d'aquests cicles es que milloren la qualitat de l'efluent pel que fa al contingut de nitrats. L'inconvenient és que, en plantes amb afluents pobres en àcids grassos, es poden sobrecarregar amb nitrats les fases anòxiques i perjudicar l'alliberació anaeròbica de fòsfor.

Alguns exemples d'aquest tipus de cicles són els següents:

### Desnitrificació preanòxica



La desnitrificació es produeix en l'etapa de càrrega del cicle, durant la qual l'afluent actua com a font de carboni per a la desnitrificació (Randall, 1992)

### Desnitrificació postanòxica

La incorporació d'un període anòxic entre el període aeròbic i la decantació permet augmentar el rendiment de la desnitrificació i, per tant, de l'eliminació de nitrogen en conjunt (Randall, 1992). La concentració de carboni és molt baixa i, per aquest motiu, la desnitrificació postanòxica es produeix a partir de les reserves cel·lulars dels heteròtrofs desnitrificants al final de l'etapa de reacció a partir de la respiració endògena.

Durant l'etapa postanòxica es produeix l'alliberació d'amoni (Irvine et al., 1979), procedent de la respiració endògena anòxica.

### Nitrificació-desnitrificació durant la càrrega

Una altra alternativa per augmentar el rendiment d'eliminació de nitrogen consisteix en afegir fases aeròbiques durant l'etapa anòxica de càrrega. D'aquesta manera s'aconsegueix nitrificar i desnitrificar una part de l'amoni abans de la fase de reacció. Aquesta tècnica ha estat aplicada per Palis i Irvine (1985), Hamamoto et al. (1997) i Escaler (1997). Palis i Irvine van considerar aquest sistema el més efectiu en quant a capacitat d'eliminació de nitrogen, claredat de l'afluent i estalvi energètic.

El quadre següent ens indica els avantatges i els inconvenients que presenta un sistema SBR en front dels sistemes clàssics de tractaments biològics de fangs activats.

AVANTATGES	
Fangs activats	SBR
	Menor sortida de sòlids ja que es produeix una decantació estàtica i el tanc on es produeix és major que un decantador
	Senzill manteniment dels llots
	Estalvi d'espai, obra civil i inversió ja que es suprimeixen els decantadors primaris, cambres anòxiques, decantadors secundaris.
	No hi ha recirculació de llots ja que l'aireig i la sedimentació es donen en el mateix tanc.
Possible variabilitat en la seqüència de fases i en la durada d'aquestes	
Possibilitat de fàcil control mitjançant equips informàtics	
Els pics de càrrega orgànica, es poden esmorteir afegint un homogeneïtzador al principi del tractament.	Els pics de càrregues orgàniques no afecten al funcionament del sistema ja que aquests es contraresten dins el mateix reactor.

	Excel·lent eliminació de DQO-DBO, sòlids suspesos, nitrogen i fòsfor
	El reactor pot funcionar amb entrades de purí d'alimentació per càrregues o en continu.
	No cal la presència de clarificadors i tots els microorganismes necessaris per portar a terme les reaccions es troben junt en el mateix fang.
<b>INCONVENIENTS</b>	
En alguns cassos cal la instal·lació de més d'un reactor en paral·lel degut a un volum important de càrrega a tractar. En aquests casos és aconsellable la construcció d'un dipòsit d'homogeneïtzació, que faci les tasques de regulació de cabals.	
El sistema treballa a temperatura ambient i això provoca que els microorganismes desenvolupin les seves funcions a un ritme menor al que tindrien si treballessin a temperatures òptimes.	
	Cal la instal·lació d'un airejador de gran potència ja que al combinar fases, el període d'aireig s'efectua en un període de temps més curt. En cas de possibles problemes de sedimentació de llots apareixerà una major concentració de sòlids a l'efluent.
	Cal controlar els mecanismes de flotació del decantador.

(Comeau et al, 1987; Herzburn et al, 1985, Rutsen & Eliassen, 1993; Lloyd & Ketchum, 1996, Furrmai et al, 1999)

#### 5.4. TRACTAMENT BIOLÒGIC ANAEROBI: DIGESTIÓ ANAERÒBIA

La digestió anaeròbia és un procés biològic de fermentació que es dona en absència d'oxigen i que consisteix en la degradació de la matèria orgànica per part d'un conjunt de microorganismes que la transformen en una mescla combustible de gasos (biogàs), formada principalment per metà i diòxid de carboni. L'objectiu de la digestió anaeròbia serà la producció de biogàs amb un elevat contingut de metà que podrem utilitzar després com a font d'energia.

En el procés de digestió anaeròbia la matèria orgànica és transformada en metà i diòxid de carboni a més d'altres components com l'àcid sulfhídric ( $H_2S$ ), l'hidrogen ( $H_2$ ), l'amoníac ( $NH_3$ ), el nitrogen ( $N_2$ ), el monòxid de carboni (CO) i l'oxigen ( $O_2$ ). Aquesta transformació és fruit d'un procés biològic natural que realitzen els bacteris desnitrificants en uns reactors tancats.

Com a resultat d'aquest procés es pot obtenir, per una banda, gas que pot ser recollit i utilitzat com a combustible, i per l'altre, fangs estabilitzats i lliures de patògens.

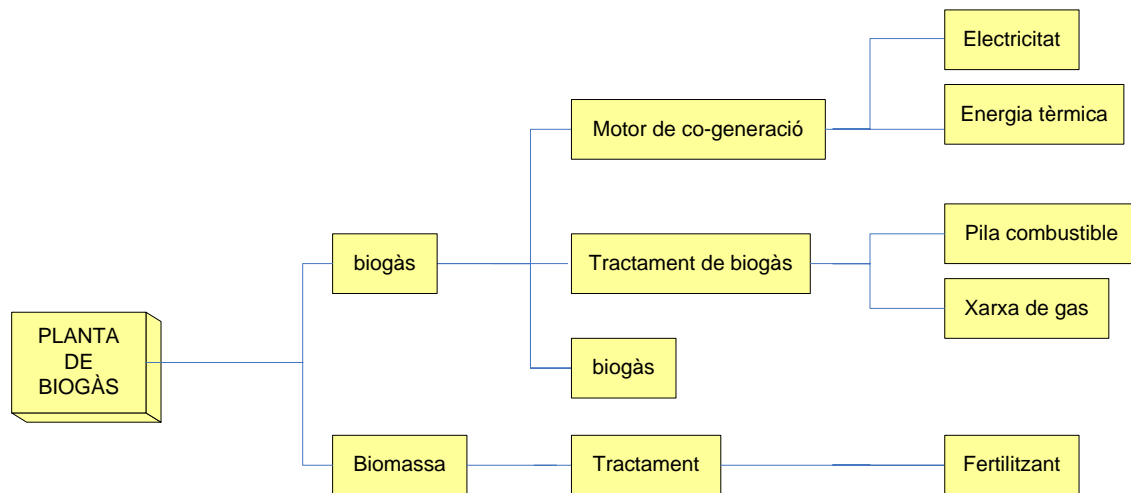


Figura 2. Esquematització dels subproductes obtinguts i els possibles usos d'aquests, en una planta de biogàs.

Els processos que tenen lloc en la digestió anaeròbia són els següents: hidròlisis, fermentació acetogènica i fermentació metanogènica. Aquests processos són complexos i no s'entrarà en detall a descriure les reaccions i les fases d'aquest tractament ja que no és l'objectiu d'aquesta guia.

La digestió anaeròbia és un procés d'estabilització i higienització dels subproductes orgànics continguts en el purí. Amb aquest sistema s'obté biogàs que es pot aprofitar termo-elèctricament. El contingut en metà del biogàs, per residus ramaders es troba habitualment entre el 55 i el 70%.

La digestió anaeròbia és un tractament molt menys eficient en la reducció de paràmetres contaminants que els tractaments aerobis.

#### Plantes de biogàs:

Estan formades per un sistema d'homogeneïtzació del purí i a continuació un o més digestors, en els quals s'efectua la digestió anaeròbica. Actualment la majoria de tecnologies contemplen la utilització de dos digestors ja que permeten una major flexibilitat en variacions de càrrega, de pH i de temperatura. A més, també ofereix majors facilitats en l'actuació, seguiment i control del procés.

En un digestor actuen els microorganismes hidrolítics i formadors d'AGV (àcids grassos volàtils) i en el segon digestor actuen els acetogènics i metanogènics.

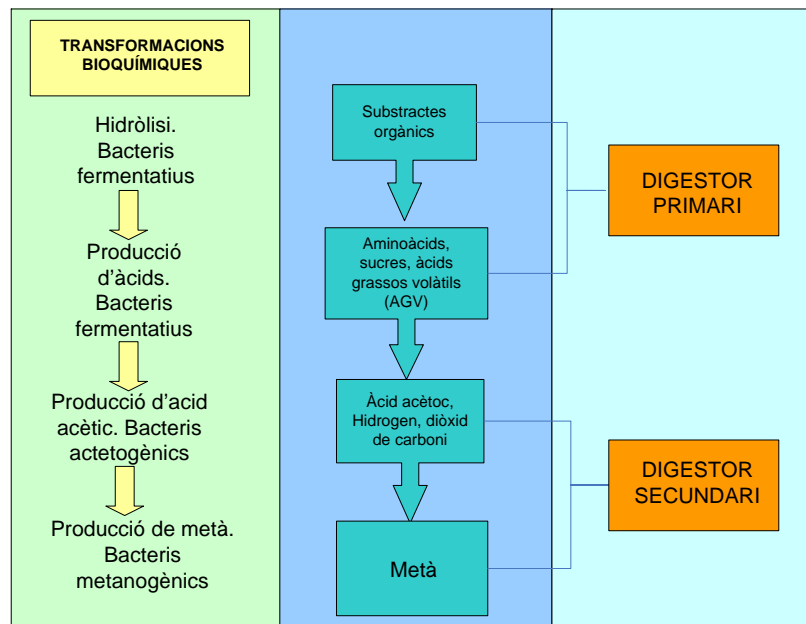


Figura 3. Processos i subproductes obtinguts en la digestió anaeròbica.

Les plantes de biogàs impliquen una alta tecnificació, elevats costos de manteniment i la incorporació de mecanismes de seguretat. Aquesta opció és útil quan es pensa en plantes centralitzades, quan es tenen en compte economies d'escala, ja que implica grans inversions. El ramader té un cost de transport derivat de portar el purí de la granja a la planta.

Malgrat tot, la digestió anaeròbia també presenta alguns inconvenients:

- És un procés complex que requereix bastant control per a assegurar un correcte funcionament.
- S'han descrit una gran quantitat de tòxics i inhibidors del procés que poden fer que el procés no sigui viable per a determinats substrats.
- És bastant sensible a les sobrecàrregues orgàniques, per tant, l'alimentació haurà de ser el més homogènia possible.
- El biogàs sol estar contaminat amb diferents components, que poden complicar el seu maneig i aprofitament, essent necessari, en funció del tipus d'aprofitament, un sistema de depuració.
- Els costos d'implantació són alts, mostrant un clar efecte d'economia d'escala, per això, les instal·lacions de petites dimensions no solen resultar rendibles.
- És un gas difícilment liquable, i per tant, difícil de transportar.

La digestió anaeròbia de purins de porc pot ser una bona opció per a la valorització econòmica d'aquests residus. Una clara opció per a millorar la producció de metà i, per tant, la viabilitat econòmica de les plantes de digestió anaeròbia, consisteix en la introducció, com a co-substrats, de residus orgànics de la indústria agroalimentària. La introducció de cosubstrats en un reactor pot comportar problemes d'inhibició i sobrecàrrega orgànica, i ser capaç de preveure'ls pot ser vital per al funcionament d'una planta de tractament.

## 5.5. LLACUNATGE

El llacunatge és un procés de depuració microbiològica natural de la fracció líquida que consisteix en deixar reposar la fracció líquida en basses artificials i a l'aire lliure. En aquest estat diversos microorganismes provoquen unes reaccions biològiques i unes condicions que fan disminuir els nombre de microorganismes patògens i fan que la fracció líquida esdevingui més apte per utilitzar-la per a reg. Aquest sistema implica un baix cost d'instal·lació i manteniment però, per contra, comporta unes necessitats elevades de superfície disponible. Dins de la bassa, a diferents profunditats, es donen uns processos biològics diferents, segons es donin condicions aeròbiques o anaeròbiques. L'estancament d'aquesta aigua fins a millorar-ne les seves condicions pot durar de 20 a 30 dies.

## **6. ALTERNATIVA PER A SATISFER ELS REQUERIMENTS ENERGÈTICS DE LA PLANTA: LA COGENERACIÓ**

S'entén per cogeneració la producció i aprofitament simultani d'energia elèctrica i energia tèrmica útil a partir d'una font d'energia primària disponible per a l'usuari final, habitualment gas natural.

Una central de cogeneració està formada per diversos components: un generador d'energia elèctrica, intercanviadors per a la recuperació de la calor, el sistema de distribució d'energia i els equipaments auxiliars.

El que caracteritza una central és l'element que converteix l'energia primària en energia mecànica. Les tecnologies més emprades són les basades en motors alternatius i turbines.

Si comparem els avantatges que comporta la cogeneració amb el sistema convencional d'utilització d'energia elèctrica procedent de la companyia elèctrica i l'obtenció d'energia tèrmica procedent de la generació pròpia amb els equips apropiats, tindríem que:

- a- Permet aprofitar energia tèrmica que es produeix en la generació d'electricitat, augmentant, en conseqüència, el rendiment global respecte a l'energia primària utilitzada per atendre les mateixes necessitats energètiques (elèctriques i tèrmiques) d'un determinat usuari. Per tant, s'ha d'aprofitar l'energia tèrmica, sinó no és un sistema rendible.
- b- Millora de l'eficiència energètica: aquesta millora ve afectada pel fet que al utilitzar gas natural en lloc de les altres energies fòssils (derivats del petroli i del carboni) comporta una disminució de l'impacte ambiental, ja que el gas natural és el combustible amb menors índex d'emissió. A més a més es redueix l'impacte visual i ecològic que causen les línies de transport elèctric, ja que la generació d'electricitat té lloc al mateix punt on la consumeix l'usuari (en el cas que no hi hagi venda d'energia elèctrica a la xarxa).

El procés de cogeneració no és en sí un tractament, sinó que és un medi per fer econòmicament assequible aquells processos de tractament en els que el limitant sigui l'aportació d'energia tèrmica.

Algunes plantes de tractament usen la calor de la combustió del gas natural per assecar els purins. Amb això s'aconsegueix una reducció de pes i volum que repercutirà en uns costos de transport menors. Com a conseqüència de la generació de calor es produeix electricitat.

La cogeneració és una tecnologia molt eficient quan hi ha una demanda de calor i electricitat en un mateix procés o quan hi ha poca distància entre els processos. Si no és així, com en el cas dels purins, que pel seu tractament o pel seu assecatge, no requereixen importants fonts de calor ni d'electricitat posa en dubte la seva eficiència. Cal destacar que el purí conté energia

aprofitable quan es dóna una digestió anaeròbia ja que genera biogàs, per tant, es gasta energia fòssil per tractar un residu que conté energia.

La cogeneració privatitza els guanys i seria més acceptable i sostenible si no depengués del preu del gas natural i de les primes.

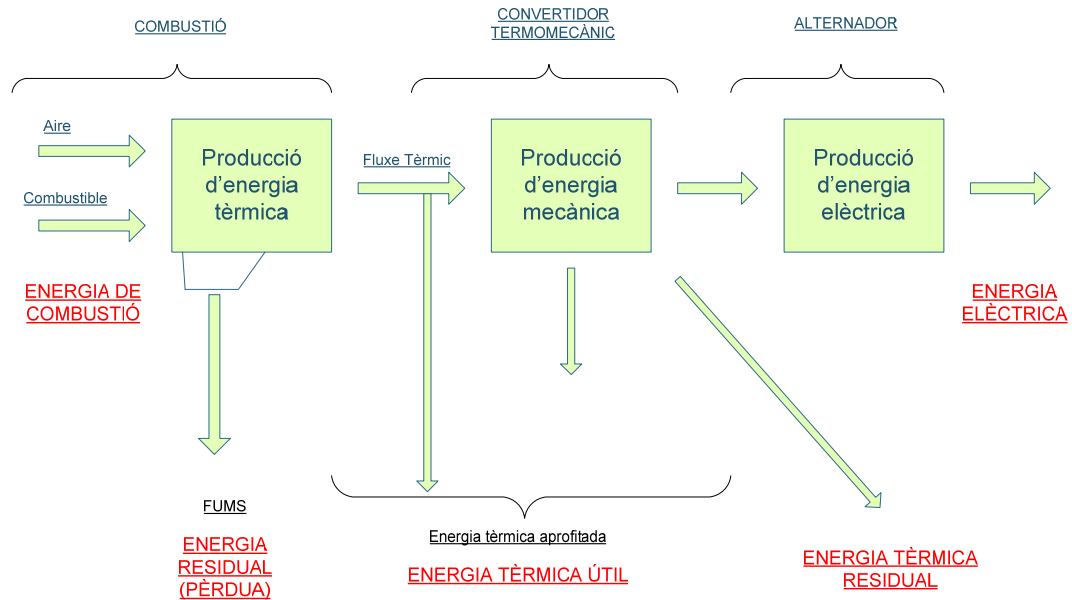


Figura 4. Esquema de distribucions i transformacions energètiques que es donen en el procés de cogeneració.

## **7. REQUERIMENTS DE LES INSTAL·LACIONS DE LES PLANTES DE TRACTAMENT DE PURINS**

### **ENGINYERIA DE LES PLANTES DE TRACTAMENT**

Les plantes de purins tenen totes elles una enginyeria molt semblant, hi ha empreses que presenten la planta en mòduls prefabricats i de forma més compacte per solventar el cas de que hi hagi una manca de superfície per ubicar la planta de tractament.

Com a instrumental bàsic per el control d'una planta hi ha: el cabalímetre, el quadre elèctric, les aixetes per a l'evacuació de les purgues, els agitadors dels dipòsits i reactors, els dosificadors de reactius, les sondes redox i els mesuradors d'oxigen.

Tota instal·lació ha de disposar, si s'escau, de:

- Cabalímetre d'entrada, de recirculació i de sortida. La seva funció és indicar localment, cabal instantani i la totalització. Els cabalímetres s'instal·len en les bombes d'alimentació. També s'instal·len cabalímetres a tots els conductes de sortida dels reactors per tal de portar un control en línia del cabal tractat.
- En la dosificació de polielectròlit cal una bomba que el dosifiqui i un dipòsit que el proveeixi.
- Per tal de donar seguretat a les instal·lacions és aconsellable posar detectors per tal de controlar el nivell dels dipòsits. Aquests detectors poden ser d'ultrasons.

A més d'aquest instrumental, cal els mesuradors de paràmetres de control per conèixer l'estat d'aquests paràmetres i determinar com està funcionant el sistema. Aquests són:

Medidor del potencial d'oxidoreducció (potencial redox).  
Medidor d'oxigen (oxímetre)

Degut als gasos que es desprenen de les reaccions que tenen lloc, el material de les instal·lacions cal que sigui de plàstic i d'acer inoxidable.

Cal també tenir en compte que les canonades han de tenir un diàmetre suficientment gran ja que es formen precipitats cristal·lins que s'adhereixen a les parets, reduint el diàmetre hàbil de pas i dificultant el pas del líquid.

En el disseny de la distribució de la planta s'ha de tenir en compte l'aprofitament de la gravetat per tal de reduir el número de bombes.

### **Estadi de posada en marxa**

Quan la planta està funcionant correctament es diu que està en estadi estacionari o de règim.



Paràmetres i condicions a tenir en compte en un tractament biològic:

Temps de retenció hidràulica: és el temps que el purí roman en el sistema. Han de ser llargs per afavorir la proliferació de bacteris. Hi ha un temps de retenció mínim per sota del qual no és possible el procés.

A mesura que es va regularitzant s'ha d'anar augmentant la càrrega.

El purí inicialment ja conté flora bacteriana per iniciar el procés però per tal d'agilitar el procés d'estacionament es pot incorporar fang d'un altre reactor, fang envellit o bé una part del fang de la sortida en el reactor.

## 8. ESQUEMES D'ALTERNATIVES DE TRACTAMENT

A continuació es presenten les combinacions més interessants de tractaments. Tots els tractaments descrits poden ser iniciats amb un sistema de tractament preventiu consistent en l'addició de coadjuvants. Paral·lelament els sòlids i les purgues poden ésser tractats com a fangs dins el tractament de sòlids.

Cada diagrama està separat per blocs:

- Tractament preventiu
- Pretractament
- Tractament primari
- Tractament secundari
- Tractament terciari

1. Tractament físicoquímic + digestió anaeròbica, possibilitat d'abastiment amb cogeneració per proporcionar energia elèctrica en el procés de digestió anaeròbica i energia tèrmica en cas que s'efectuï un assecatge dels fangs.

Tractament físicoquímic + digestió anaeròbica + tractament terciari que pot ser flotació-coagulació o bé un sistema biològic. Amb possibilitat d'abastiment amb cogeneració per proporcionar energia elèctrica en el procés de digestió anaeròbica i energia tèrmica en cas que s'efectuï un assecatge dels fangs.

2. Pretractament de separació de sòlids + tractament primari biològic + tractament secundari físic

3. Pretractament de separació de sòlids + tractament primari físico-químic + tractament secundari biològic.

4. Pretractament + tractament primari biològic + tractament secundari físico-químic + decantació

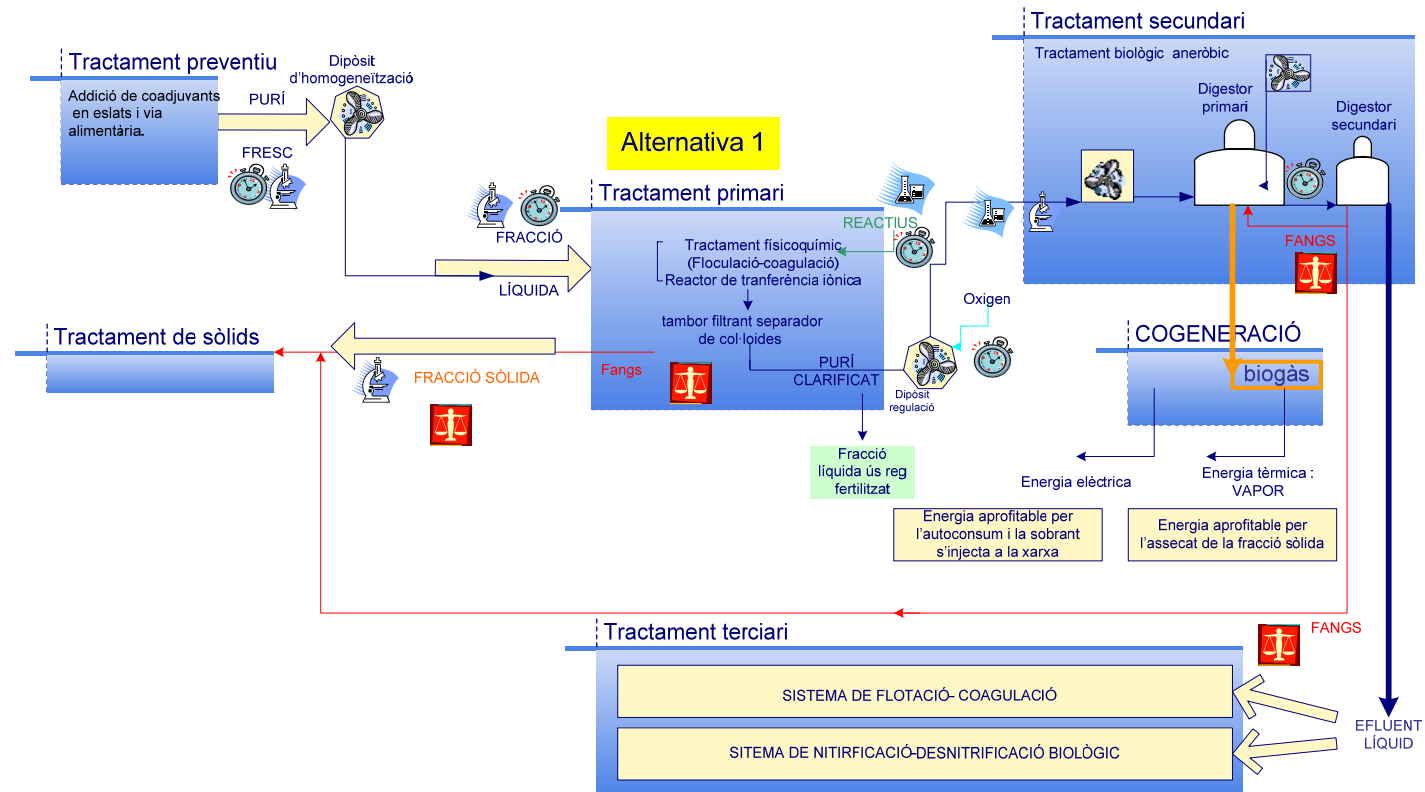
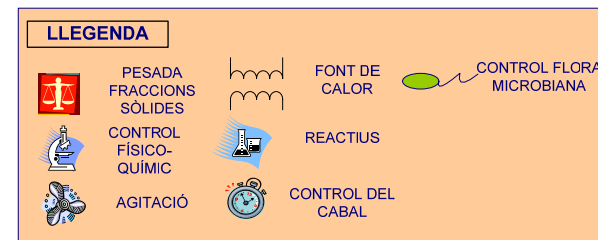
5. Tractament primari físico-químic + separador filtrant de col·loides + tractament secundari aeròbic en fred amb combinació d'stripping i filtre percolador + decantador

Tractament primari físico-químic + separador filtrant de col·loides + tractament secundari aeròbic en calent amb filtre percolador + decantador

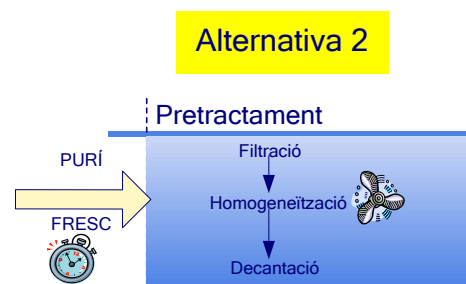
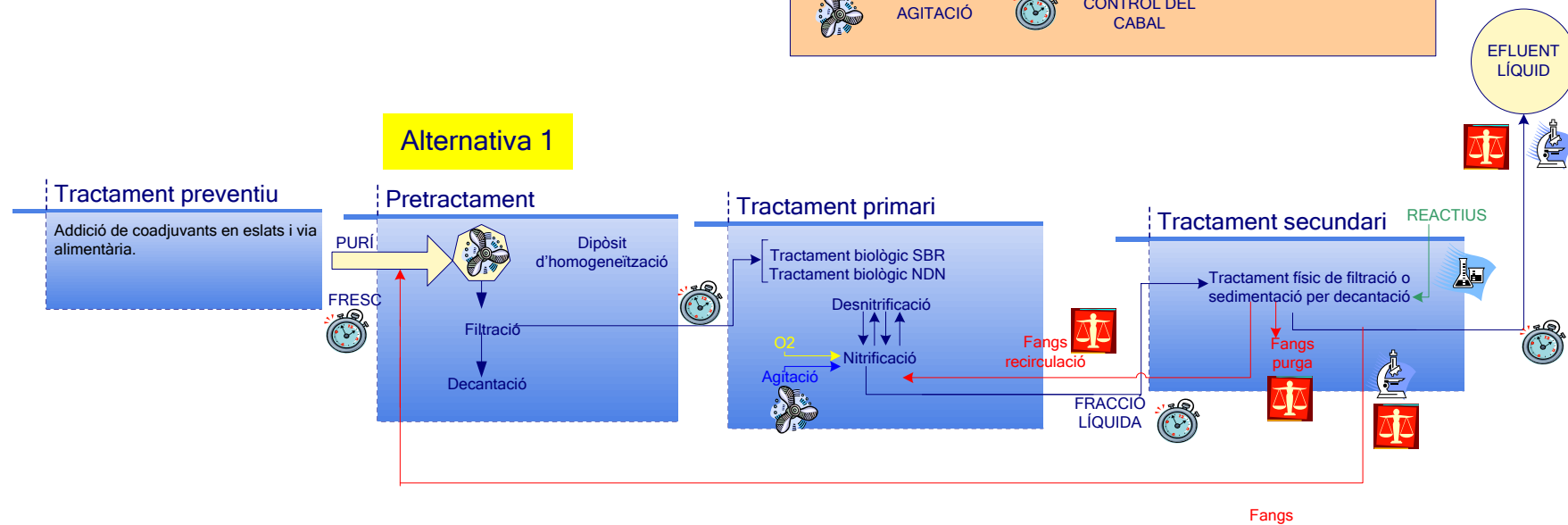
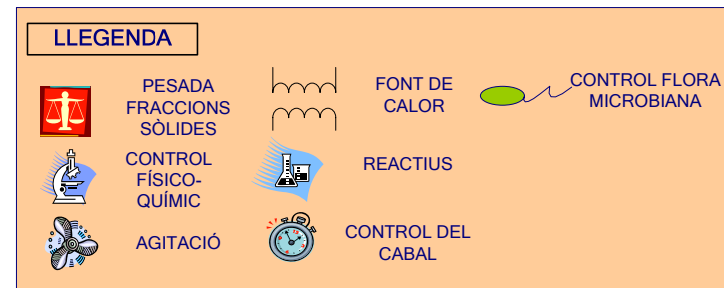
**6. Alternativa 1:** Tractament primari físico-químic amb transferència iònica + filtració + Tractament secundari biològic en fred amb combinació d'stripping + tractament terciari de digestió anaeròbica amb abastiment energètic per cogeneració. Línia de tractament de sòlids.

**Alternativa 2:** Tractament primari físico-químic amb transferència iònica + filtració+ Tractament secundari biològic en calent + tractament de digestió anaeròbica + tractament terciari de digestió anaeròbica amb abastiment energètic per cogeneració. Línia de tractament de sòlids.

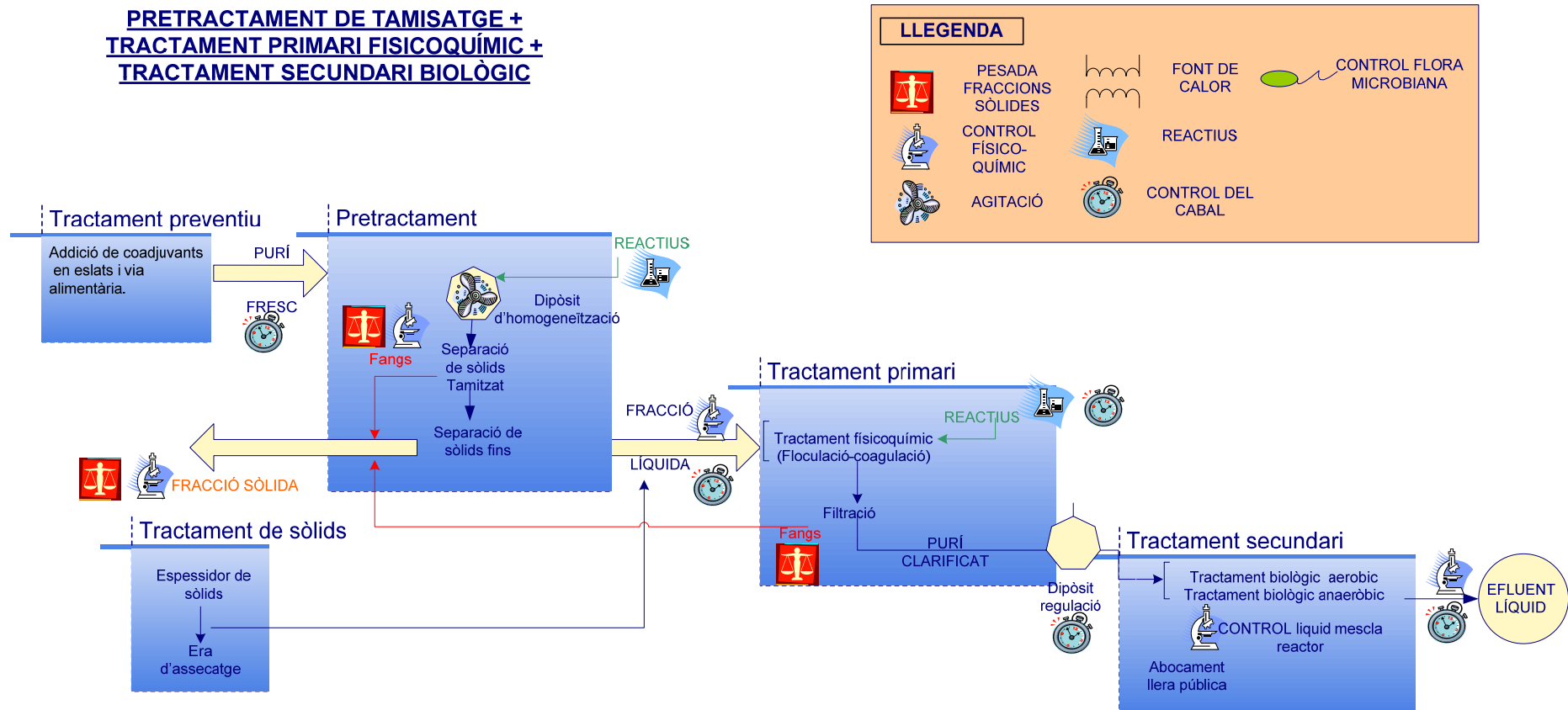
**TRACTAMENT FÍSICOQUÍMIC + DIGESTIÓ  
ANAERÒBICA + ALIMENTACIÓ AMB  
COGENERACIÓ + TRACTAMENT TERCIARI DE  
FLOTACIÓ O COAGULACIÓ O BIOLÒGIC**



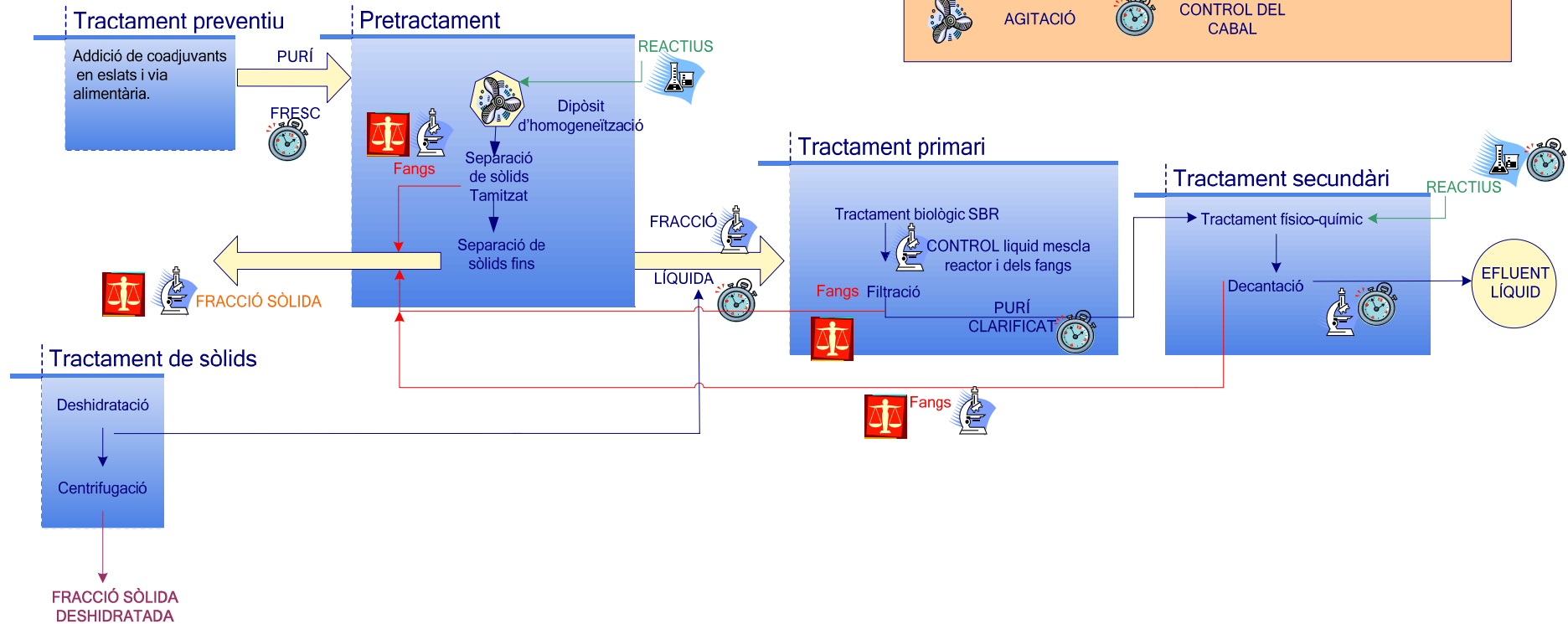
**PRETRACTAMENT DE FILTRACIÓ +  
TRACTAMENT PRIMARI BIOLÒGIC +  
TRACTAMENT SECUNDARI FÍSIC**



**PRETRACTAMENT DE TAMISATGE +  
TRACTAMENT PRIMARI FÍSICOQUÍMIC +  
TRACTAMENT SECUNDARI BIOLÒGIC**

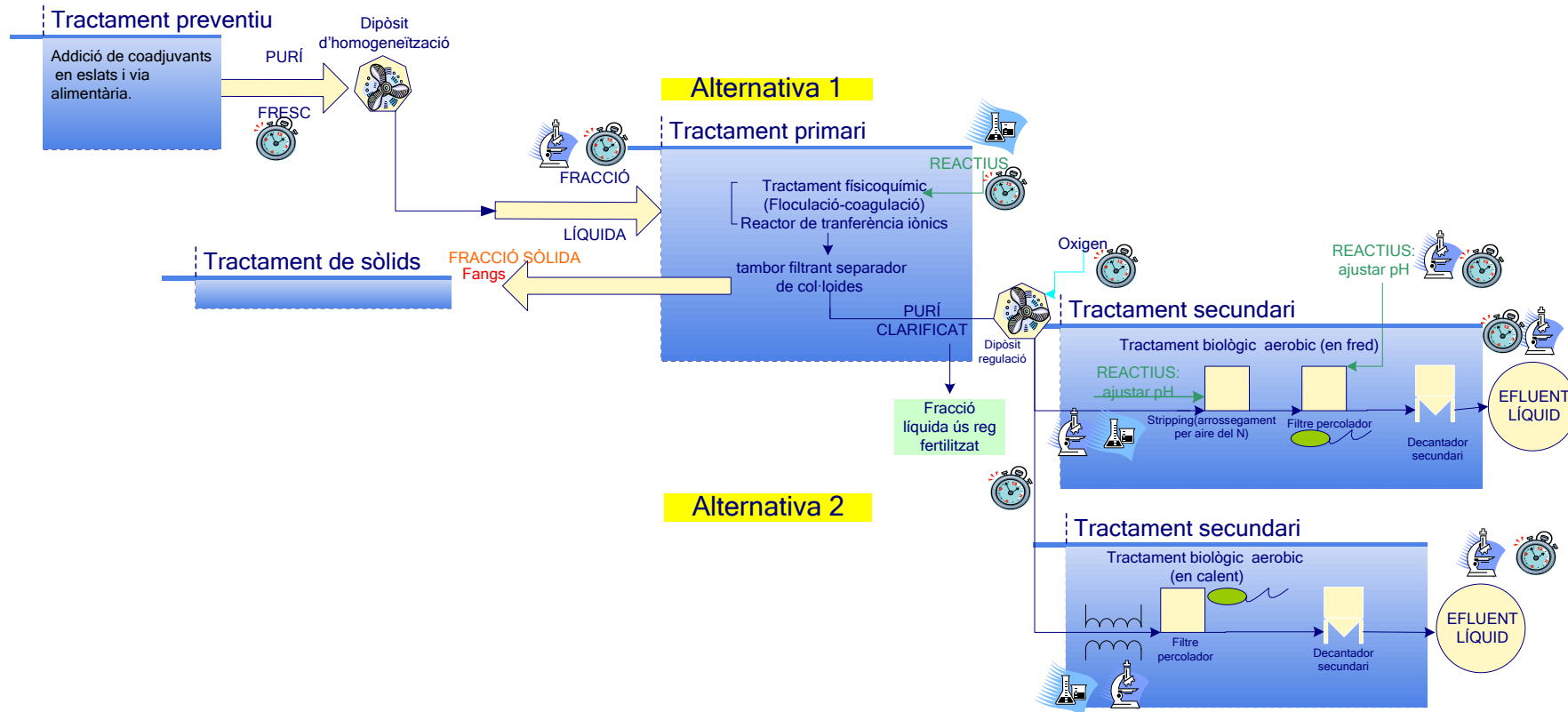
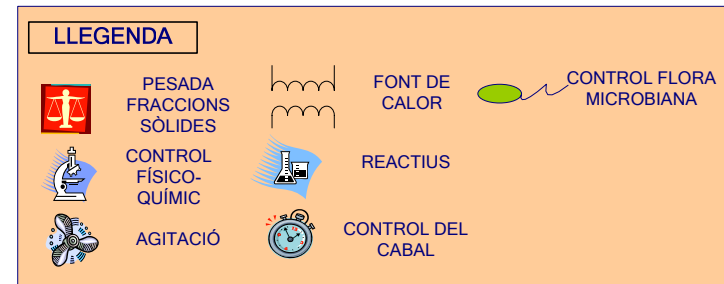


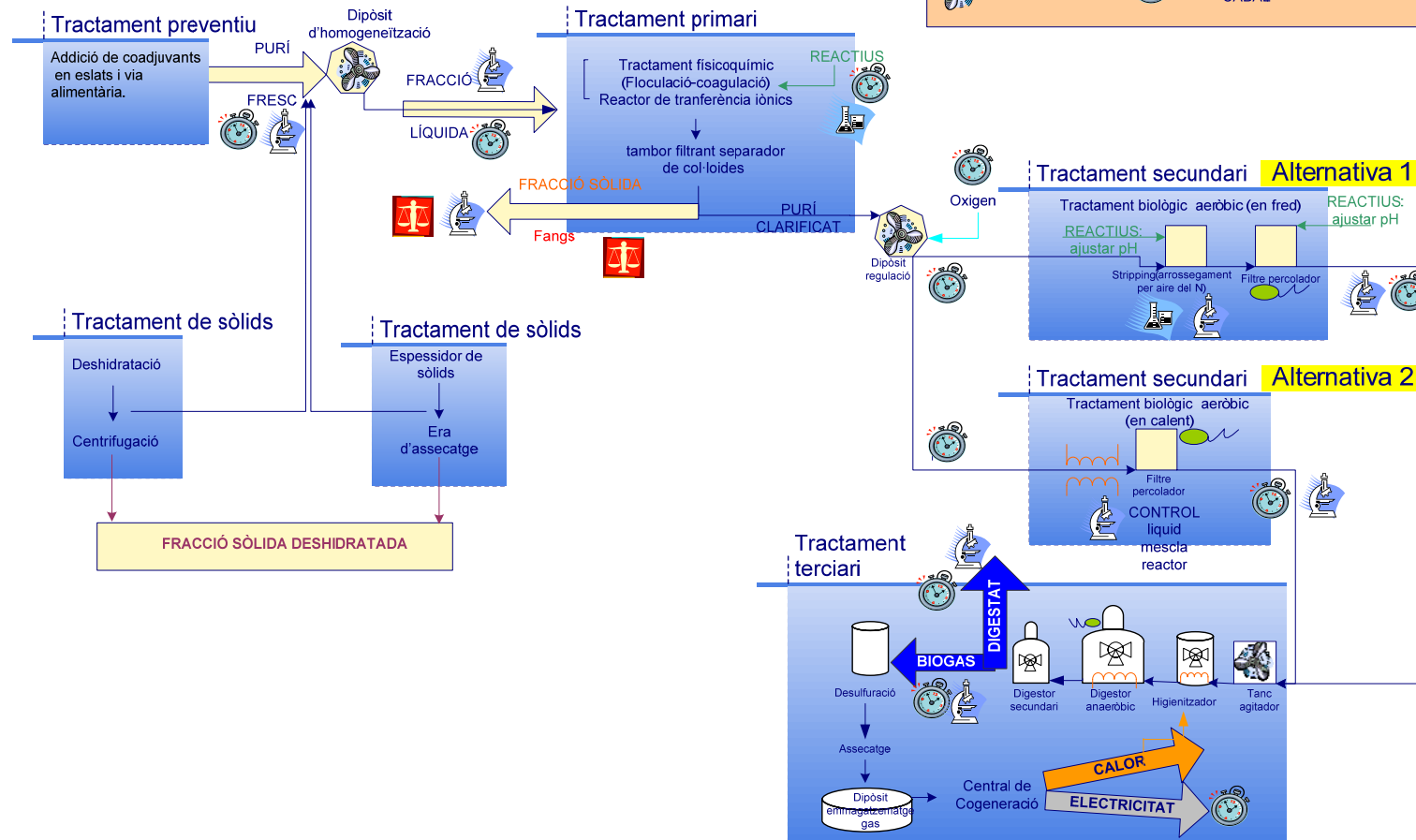
**PRETRACTAMENT + TRACTAMENT PRIMARI  
BIOLÒGIC + TRACTAMENT SECUNDARI FÍSICO-  
QUÍMIC + DECANTACIÓ + LÍNIA TRACTAMENT DE  
SÒLIDS**



**ALTERNATIVA 1: TRACTAMENT PRIMARI FÍSICO-QUÍMIC + FILTRACIÓ +  
TRACTAMENT SECUNDARI AERÒBIC EN FRED AMB COMBINACIÓ DE  
STRIPPING I FILTRE PERCOLADOR + DECANTADOR**

**ALTERNATIVA 2: TRACTAMENT PRIMARI FÍSICO-QUÍMIC + FILTRACIÓ +  
TRACTAMENT SECUNDARI AERÒBIC EN CALENT AMB FILTRE PERCOLADOR  
+ DECANTADOR**



**Tractament primari fisicoquímic + filtració +**→ **Alternativa 1: tractament secundari biològic en fred**→ **Alternativa 2: tractament secundari biològic en calent****+ tractament de digestió anaeròbica + tractament terciari de digestió anaeròbica amb abastiment per cogeneració. Línia de tractament de sòlids.**



## 9. BENEFICIS I PROBLEMÀTICA ASSOCIADA ALS TRACTAMENTS

Es defineix com a risc sanitari ambiental el conjunt de factors que afecten negativament la salut de les persones que treballen i als animals (al seu estat sanitari, la seva reproducció o la seva productivitat).

Es defineix com a eficàcia ambiental l'eficàcia global del sistema, en termes econòmics i en eficiència del tractament, tenint en compte totes les millores potencials que realitza (disminució de càrrega, higienització, disminució de les olors, disminució dels volums, etc.).

Llegenda:

\*\*\*: pot ser un punt fort o un punt dèbil segons quins siguin els objectius del tractament.

<b>Biològics Nitrificació- Desnitrificació</b>	<b>Criteri sanitari</b>	<b>Criteri d'eficàcia</b>	<b>Criteri econòmic</b>	<b>Altres Criteris</b>
Punts forts	-Tenen eficàcia ambiental			
Punts dèbils	-Contaminació per algues en el decantador -Producció d'escumes que donen lloc a problemes de seguretat, males olors i efluents de mala qualitat	- En els climes freds, on les condicions de temperatura són baixes, produeixen immobilització dels microorganismes responsables de les reaccions		-Escalfament del reactor

<b>Separació Sòlid – Líquid</b>	<b>Criteri sanitari</b>	<b>Criteri d'eficàcia</b>	<b>Criteri econòmic</b>	<b>Altres Criteris</b>
Punts forts		- Centrifugació: bona separació i reducció de la matèria orgànica - Filtre premsa: tenen nivells elevats		

		d'eficiència en el tractament i permeten l'obtenció d'una fracció més valoritzable		
Punts dèbils	- La reducció sobre el risc sanitari ambiental és mínim		- Es un sistema que requereix una elevada inversió -Tamís vibratori: requereix una elevada inversió i cal un manteniment constant de neteja.	

<b>Biològic Desnitrificació</b>	<b>Criteri sanitari</b>	<b>Criteri d'eficàcia</b>	<b>Criteri econòmic</b>	<b>Altres Criteris</b>
Punts forts			-Es valoritza ja que es depura el Nitrogen total.	
Punts dèbils		- Mala separació de fangs de l'efluent degut a una mala estructura del flòcul. L'efluent presenta un aspecte tèrbol i amb molts sòlids en suspensió		

<b>Fisicoquímics</b>	<b>Criteri sanitari</b>	<b>Criteri d'eficàcia</b>	<b>Criteri econòmic</b>	<b>Altres Criteris</b>
Punts forts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S'obté un residu sòlid amb elevades concentracions de nitrogen i de fòsfor ***</li> <li>- Elimina amb eficàcia el risc sanitari ambiental</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es valoritza el residu líquid</li> </ul>	
Punts dèbils	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Despreniment de gasos</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemàtica de filaments i crostes</li> </ul>

<b>Digestió anaeròbia</b>	<b>Criteri sanitari</b>	<b>Criteri d'eficàcia</b>	<b>Criteri econòmic</b>	<b>Altres Criteris</b>
Punts forts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produeixen menys fangs que ens els tractaments aerobis</li> <li>- No produeixen tantes olors com en els tractaments aerobis</li> <li>- Residus sòlids molt consistents***</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtenció de biogàs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La digestió permet mesclar residus</li> <li>- Gestió important dels fangs</li> </ul>
Punts dèbils		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema que no redueix els nitrats i per tant gens útil per aplicar en zones vulnerables</li> <li>- No produeix una estabilització total de la fracció sòlida</li> <li>- Degut a la baixa velocitat de creixement dels microorganismes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversió elevada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tractament previ de separació S/L ***</li> <li>- Requereixen temperatures &gt; 3°C</li> </ul>

		la seva posada en marxa és mes lenta que en anaerobis		
--	--	---	--	--

<b>Cogeneració</b>	<b>Criteri sanitari</b>	<b>Criteri d'eficàcia</b>	<b>Criteri econòmic</b>	<b>Altres Criteris</b>
Punts forts			- Es valoritza el residu	
Punts dèbils	- Entrada de biogàs però consum d'un altre combustible fòssil		- Elevada inversió econòmica. Costos que no pot assumir un sol ramader.	

<b>SBR</b>	<b>Criteri sanitari</b>	<b>Criteri d'eficàcia</b>	<b>Criteri econòmic</b>	<b>Altres Criteris</b>
Punts forts				- Apropiat per sistemes de cabal variable i sistemes petits
Punts dèbils		- Es un tractament discontinu		- Cal controlar el volum del dipòsit

<b>Compostatge</b>	<b>Criteri sanitari</b>	<b>Criteri d'eficàcia</b>	<b>Criteri econòmic</b>	<b>Altres Criteris</b>
Punts forts	- Estabilitza la càrrega orgànica		-Valorització la dona el compost	
Punts dèbils	- Pot emetre gasos i males olors		- Consum important d'energia	

## **10. BASES PER AL CàLCUL DELS COSTOS D'AMORTITZACIÓ I D'EXPLOTACIÓ**

### **10.1. INTRODUCCIÓ**

La determinació dels costos sempre ha estat una mesura marcada per la subjectivitat a què està sotmesa. Els motius d'aquesta subjectivitat són els següents:

- Mesura dels diferents factors que hi intervenen, quantificant-los amb unitats de mesura adequades.
- Valoració econòmica dels consums, que estan sotmesos a oscil·lacions.
- Hi ha alguns costos indirectes que són difícils de repercutir.

Caldrà fixar prèviament uns criteris que es mantindran al llarg del càlcul i el temps, per a minimitzar així l'existent incertesa de l'import atribuït al cost. Aquest import estarà en funció dels criteris que s'utilitzin a l'hora de valorar-lo i també a la finalitat del càlcul.

Costos o despeses?

Els costos es refereixen a aquells conceptes relacionats amb l'adquisició de béns i serveis per al seu consum en un procés de transformació o de tractament. A excepció de les amortitzacions, comporten una obligació de pagament a terceres persones.

El costos són majors que les despeses, ja que hi ha conceptes de costos que no es consideren despeses.

### **10.2. DEFINICIÓ DE COST. CLASSIFICACIÓ**

Definirem el cost com un valor, expressat en diners, dels materials i prestacions consumides per aconseguir un objectiu concret. Els costos són un conjunt de despeses incorporades al tractament.

Calcular els costos obeeix a la necessitat d'aconseguir els objectius següents:

- Calcular l'import i els marges que generen els agents que intervenen en el sistema.
- Proporcionar la informació necessària per poder planificar i controlar l'activitat.
- Establir comparacions al llarg del temps dels diferents valors obtinguts.
- Modificar, potenciar o millorar l'activitat en funció dels costos reals d'exploració.

Els costos es poden classificar en dos grups: els costos fixos, que no depenen del volum d'activitat de la planta, i els costos variables, que sí depenen del volum d'activitat.

Els costos fixos no varien amb l'activitat, es tenen tant si es tracta el purí com si no es tracta. En aquest grup hi ha presents els costos d'amortització.

Els costos variables, depenen del volum de purí tractat. N'existeixen tres tipus:

- Proporcionals: incrementen proporcionalment amb el volum de purí tractat.
- Degressius: incrementen menys que si ho fessin de forma proporcional. Per exemple, els costos de control.
- Progressius: incrementen però més que si ho fessin de forma proporcional.

Els costos es referencien a una unitat tractada, (ex: m<sup>3</sup> de purí a l'entrada).

Preu de cost unitari =  $\frac{\text{Costos totals en un període de temps determinat}}{\text{Número d'unitats}}$

Els costos fixos, al transformar-los en unitaris, es transformen en degressius ja que la contribució de cada unitat volumètrica tractada al total de la despesa fixa és menor.

#### ▪ Càlcul de l'amortització:

Els elements que formen part de l'immobilitzat, amb el pas del temps i el desgast produït per la seva activitat, es deprecien. La depreciació és la pèrdua de valor que pateixen els elements de l'immobilitzat. L'amortització comptabilitza aquesta depreciació.

Per calcular la quota d'amortització s'ha de prendre el valor amortitzable de l'actiu i s'ha de dividir pel nombre d'anys de vida útil. El valor amortitzable s'obté de la diferència entre el valor d'adquisició i el valor residual (valor al final de la seva vida útil).

El càlcul de l'amortització es farà de manera lineal. Consisteix en amortitzar en cada període, generalment anual, l'enèsima part del valor amortitzable, considerant la vida útil de l'element a amortitzar és de n anys.

#### ▪ Cost de mà d'obra directa:

S'entén per cost de mà d'obra directa la retribució que tenen les persones que intervenen en el funcionament diari del tractament. Hi ha també els costos de mà d'obra indirecta, que són els costos que representen les persones que indirectament presten algun servei a la planta de tractament, que s'englobaran directament a la partida de manteniment o de control, ja que en molts casos és difícil conèixer amb exactitud l'import que representa la mà d'obra.

El procediment bàsic per incorporar el cost de mà d'obra en el cost del tractament de les dejeccions és mesurar el temps necessari que dedica el ramader per fer funcionar la instal·lació i garantir-ne el correcte funcionament, multiplicat pel cost horari.

En cas d'intervenir diferents persones en el funcionament de la instal·lació i aquestes tinguin diferents graus d'especialització, cal contemplar el cost de cadascuna d'elles de la manera expressada en el paràgraf anterior. En cas d'haver de realitzar manteniment o reparacions a la instal·lació, el cost de mà d'obra de les persones que desenvolupen la tasca es considerarà mà d'obra ocasional i també es quantificarà.

Determinar el cost de personal del propi ramader és força relatiu, però cal tenir en compte la part proporcional del sou del ramader que destina a l'encesa, control i inspecció, manteniment de la instal·lació, etc...

- Costos d'electricitat

Per quantificar el cost elèctric es pot fer de manera global, per tota la instal·lació, o es pot distribuir per operació unitària si es coneix quin és el consum elèctric. Aquesta última quantificació permetrà veure desviacions en processos, avaries, etc...

Aquesta mesura es realitza mitjançant els comptadors. L'empresa instal·ladora del tractament hauria de tenir en compte instal·lar comptadors per a cada fase del tractament. És molt important que, per a una oferta d'un sistema de tractament, estiguin identificats correctament els costos d'electricitat per a cada fase del tractament. Sol ser un dels costos que a la pràctica es desvien més del previst, repercutint fortament en el cost final de tractament.

- Costos de reactius

Els costos de reactius apareixen en el cas dels tractaments fisicoquímics o en cas de separacions físico-químiques. Són proporcionals a la quantitat de producte que consumeix cada fase o procés, tot i que en sistemes de tractament molt grans, l'efecte d'economia d'escala pot fer baixar molt el cost dels reactius per metre cúbic de purí tractat quan es tracten quantitats molt elevades.

- Costos de manteniment

Per a assegurar un bon rendiment de la instal·lació és necessari incidir en el manteniment. Les revisions periòdiques i les substitucions de peces desgastades constitueixen el que s'anomena manteniment preventiu. D'aquesta manera s'intenten evitar les avaries que poden comportar uns costos més elevats. Cal tenir identificat des de la compra el cost de manteniment

preventiu i el cost de les avaries, ja que una vegada adquirit el sistema, és un paràmetre clau perquè s'implanti amb èxit una tecnologia d'aquest tipus.

Les despeses de manteniment són proporcionals al valor inicial de l'equip.

- Costos de control

Aquests costos engloben tant les despeses generades pel personal que realitza aquests controls com els materials, reactius, instruments utilitzats. El criteri de repartiment per a cada procés es farà en funció del número d'hores dedicades a l'anàlisi i control de cada fase. Tot i que aquest criteri no és l'únic i caldria matisar-lo amb coeficients de correcció tals com la dificultat de la presa de mostra o la dificultat en la mesura.

Els costos de control estaran bàsicament repartits entre els mostreigs, els controls ràpids i les anàlisis realitzades en laboratoris especialitzats.

Dir si un tractament és car o és barat depèn del cost que hom és capaç d'assumir, de les necessitats que hi ha de fer el tractament i dels resultats obtinguts, per això caldria fer la comparació amb el cost que té no fer cap tractament de les dejeccions.



## 11. INDICADORS PER AL SEGUIMENT DE CADA TRACTAMENT

Per tal de realitzar el seguiment del tractament cal controlar:

- el balanç de matèria.
- els diferents paràmetres fisicoquímics (descrits més endavant).
- les condicions de funcionament del sistema.

Cada tipus de tractament tindrà uns punts concrets que caldrà controlar i uns paràmetres diferents.

Pel seguiment del balanç de matèria, en el que s'ha de complir el principi físic pel qual tota la matèria que entra ha de ser igual a tota la matèria que surt del sistema, cal realitzar mesures dels cabals i pesades dels sòlids que s'extreuen en cada fase del tractament. És molt important que el proveïdor de la tecnologia ens informi sobre el balanç de matèria del sistema i els seu rendiment en pes i en volum.

Pel seguiment dels paràmetres fisicoquímics en el mercat es podran trobar kit's per fer unes determinacions ràpides i fiables dels diferents paràmetres. Tot i això, per comprovar l'eficiència del tractament caldrà realitzar anàlisis completes en laboratoris especialitzats que també ofereixen el servei de presa i recollida de mostres.

### 11.1. MOSTREIG

Per tal de realitzar aquestes determinacions és imprescindible establir un pla de mostreig. A l'hora de mostrejar el que es pretén és recollir una sèrie de mostres per tal d'anàlitzar-les. Els resultats d'aquestes han de permetre comprovar si s'estan complint i com s'estan complint els objectius pels quals s'ha dissenyat la planta de tractament.

No existeix un mètode normalitzat per realitzar el mostreig, la periodicitat de presa de mostres, la tècnica de presa de mostra, els paràmetres que cal analitzar o els punts que cal mostrejar. Aquests punts són els ambigus i diferents per cada instal·lació de tractament per això el que es pretén aquí és donar unes directrius i plantejar una opció fàcil i útil per simplificar aquest procediment.

Així mateix el volum que ha de tenir una mostra depèn del número de determinacions a realitzar, del tipus d'anàlisi. Però una mostra ha de ser representativa de tot el volum que es vol estudiar; d'aquí la importància que una mostra sigui homogènia.

Quan s'ha pres una mostra cal etiquetar-la amb el dia i l'hora en què s'ha pres i cal registrar si durant aquell dia s'ha produït alguna activitat que podria afectar els resultats, com és ara si s'han netejat les instal·lacions de la granja, si ha plogut, si s'ha canviat de pinso, etc..

### 11.1.1. MATERIAL

El material bàsic necessari per realitzar un mostreig és el següent:

Ampolles de recollida de mostres: poden ser facilitades pel mateix laboratori, si és que es porten a analitzar a aquest, o es pot usar una ampolla d'un litre de capacitat que és suficient per a cada punt de mostra.

Es necessita també un pot petit, un bastó, una galleda, una nevera, un cassó (instrument que consta d'un recipient com un got i porta enganxat un pal d'altura regulable per permetre agafar les mostres simples en diferents punts de mostreig), la ruttner (tub d'obertura i tancament automàtic que consisteix en un recipient de vidre que un cop introduït de forma vertical en el punt de mostreig es pot tancar i un cop extret del medi líquid buidar-lo). Aquest últim instrument permet obtenir mostres simples i és adequat en dipòsits i basses de gran capacitat i sense agitació.

També existeixen en el mercat aparells de mostreig automàtic que són utilitzats principalment per laboratoris o empreses que ofereixin el servei de presa de mostra.

El material ha de ser robust, fàcil de transportar i fàcil de manejar. Ha de permetre recollir un volum adequat de mostra i també netejar-lo amb facilitat.

### 11.1.2. TÈCNIQUES DE PRESA DE MOSTRES

Punts que cal tenir en compte:

Una mostra serà representativa quan sigui temporal i la instal·lació estigui funcionant a règim.

Els afluents dels purins porcins pateixen canvis substancials en la seva composició físico-química. Això comporta que si prenem una mostra puntual la gran variabilitat (heterogeneïtat) faci que no sigui representativa. En aquest sentit, l'existència d'un dipòsit d'homogeneïtzació permet:

- reduir el rang d'heterogeneïtat
- introduir cabals constants
- obtenir rendiments més constants del tractament.

Conseqüència d'aquesta heterogeneïtat és la dificultat d'obtenir un resultat representatiu, per això es prenen mostres compostes.

#### **Tipus de mostreigs:**

Segons la composició de la mostra:

Mostra simple: mostra obtinguda directament del punt de control.

Mostra composta: mostra obtinguda per un conjunt de mostres simples barrejades en igual proporció.

Segons la finalitat amb què es realitza el mostreig:

Mostra de seguiment: la mostra de seguiment s'obté del tractament de tot un dia. Es recomana prendre-la amb una periodicitat de 2 cops per setmana. En aquest cas es pot fer ús dels Kit's ràpids d'anàlisi.

Mostra de caracterització: són mostres obtingudes de la barreja de tots els efluent d'un reactor durant una setmana i quan el reactor estigui en règim, és a dir, que estigui treballant en condicions normals i obtenint resultats satisfactoris i constants.

### **La presa de les mostres:**

Depenent del punt de mostreig cal una metodologia de presa de mostra diferent.

Cal destacar que quan es pren una mostra s'han d'anotar les condicions operacionals (pH, potencial redox, oxigen dissolt i temperatura) de la fase i de l'estadi operacional en què es troba el procés quan s'agafa la mostra.

### **Què s'ha de mostrejar?**

En un sistema de tractament de purins es van obtenint diferents subproductes i fraccions a mesura que es va passant per les diferents fases i es va tractant el purí.

A l'hora de mostrejar, caldrà agafar mostres de la fracció líquida, de la fracció sòlida, dels sobrenedants i de les purgues.

## **MOSTREIG DELS AFLUENTS I DELS EFLUENTS**

Els afluents dels purins porcíns pateixen lleugers canvis en la seva composició físicoquímica. Al realitzar el mostreig es tindrà en compte l'heterogeneïtat d'aquest i per tant serà de gran importància que la mostra sigui representativa, per això es treballarà amb mostres compostes (obtingudes a partir de mostres simples, recollides en intervals de temps determinats i finalment barrejades per l'obtenció de la mostra composta) i amb volums grans.

## **MOSTREIG DELS DIPÒSITS AMB AGITACIÓ**

És la metodologia que s'utilitza per mostrejar la bassa de recepció, el dipòsit de desnitrificació i el dipòsit de nitrificació o SBR. Les mostres es prendran amb un cassó.

El fet que els dipòsits disposin d'un sistema d'agitació permet que el contingut d'aquest sigui més homogeni, per tant, la mostra composta resultant és més representativa. Per prendre les mostres, segons quines siguin les dimensions del dipòsit es definiran diferents punts de mostreig (divisió de la superfície) per poder obtenir una part de purí proporcional al volum total del dipòsit.

## PUNTS DE MOSTREIG DELS DIPÒSTIS EN ELS QUALS TÉ LLOC MÉS D'UN ESTADI

Si s'han de prendre mostres d'un reactor SBR d'un sol reactor, posant com a exemple que treballi amb una seqüència operacional com la que es descriu a continuació. Un pla de mostreig podria ser el següent:

- Període 1: temps curt per què es doni la desnitrificació (període sense aeració)
- Període 2: temps llarg per què es doni la nitrificació (període amb aeració)
- Període 3: temps de sedimentació
- Període 4: temps de buidat i purga

Aquesta distribució, doncs, comporta un increment del nombre de mostres a prendre. Aquestes mostres s'agafaran quan faltin 5 minuts per acabar cadascun dels 4 períodes del cicle i caldrà que s'anotin les condicions operacionals de cada període com el potencial redox (rH), el pH, l'oxigen dissolt (OD) i la temperatura. (Serrat, 2005).

## MOSTREIG DELS DIPÒSITS SENSE AGITACIÓ

S'utilitza la metodologia de mostreig directe.

Aquesta metodologia és vàlida per agafar mostres de la fracció líquida i sòlida de la sortida del separador, de la sortida del decantador o sistema d'ultrafiltració i de l'efluent del reactor.

## MOSTREIG DE LES PURGUES

Les purgues es mostregen en el punt de purga dels decantadors i en les sortides d'evacuació de purgues dels reactors de nitrificació i desnitrificació. A l'hora de mostrejar aquestes purgues trobem moltes vegades dificultats degudes al disseny/enginyeria, ja que la instal·lació no està preparada per a la presa de mostres. La importància d'aquest mostreig és deu al control que cal fer sobre els fangs.

La metodologia és la mateixa que en l'apartat de mostreig d'afluents i efluents, però si degut al disseny de la instal·lació les mostres no es poden agafar directament del conducte de sortida degut a la seva inaccessibilitat caldrà que es faci sortir la purga cap al femer per poder-la agafar amb més facilitat.

El mostreig dels reactors es realitzarà a partir dels efluents dels mateixos.

### 11.1.3. Zones de mostreig

Les zones de mostreig es troben definides en els diferents diagrames representats en l'apartat 8.

## 11.2. PARÀMETRES ANALÍTICS A CONTROLAR

### pH:

#### **Definició:**

El pH es defineix com el logaritme, canviat de signe, de la concentració de ions d'hidrogen que dona una mesura quantitativa de l'acidesa o basicitat d'una dissolució.

L'escala de mesura del pH va de zero a catorze, tenint que:

pH < 6 àcid

pH = 6,5-7,5 neutre

pH > 8 bàsic

Mesura del potencial elèctric que es crea en la membrana de vidre d'un elèctrode en funció de les activitats dels ions d'hidrogen als dos costats d'aquesta, utilitzant com a referència un elèctrode específic amb un pont salí a una temperatura determinada.

#### **Metodologia i seguiment:**

Aquesta analítica de control del pH en els reactors biològics es pot realitzar mitjançant un pH-metre, o utilitzant tires de lectura de pH.

L'analítica del pH en el laboratori es realitza segons els Mètodes estàndards (APHA-AWWA-WPCF, 1989), referència 4500- H<sup>+</sup> B. El control del pH és important ja que cada fase del tractament treballa a uns pH òptims.

### CE (Conductivitat Elèctrica):

#### **Definició:**

S'entén per conductivitat elèctrica la capacitat d'una solució aquosa per conduir el corrent elèctric per efecte de les sals dissoltes. Aquesta capacitat depèn de la presència d'ions i de la seva concentració total, de la seva mobilitat, valència i concentracions relatives, així com de la temperatura de mesura.

#### **Metodologia seguiment:**

La metodologia emprada en l'anàlisi és la descrita en l'apartat 2510B dels Mètodes estàndards (APHA-AWWA-WPCF, 1989).

Aquestes dades s'expressen en dS/L (decisiemens per litre)

### **Sòlids totals (ST). Sòlids volàtils (SV). Sòlids fixes (SF).**

#### **Definició:**

S'anomenen sòlids totals a aquells materials suspesos o dissolts en una mostra que resten en un recipient després d'evaporar tota l'aigua de la mostra a 103°C.

S'anomenen sòlids volàtils a aquells materials suspesos o dissolts que es troben en una mostra i que són susceptibles de ser calcinats a 550°C.

S'anomenen sòlids fixes a aquells materials suspesos o dissolts que es troben en una mostra i resten en un recipient després d'una calcinació a 550°C.

$$SF = ST - SV$$

On:

SF: sòlids fixes

SV: sòlids volàtils

ST: sòlids totals

#### **Metodologia següent:**

La metodologia emprada en l'anàlisi és la descrita en l'apartat 2540E i 2540B dels Mètodes estàndards (APHA-AWWA-WPCF, 1989).

Aquestes dades s'expressen en g/L

### **Sòlids suspesos totals (SST). Sòlids suspesos volàtils (SSV). Sòlids suspesos fixes (SSF).**

#### **Definició:**

S'anomenen sòlids suspesos totals a aquells materials suspesos que es troben en la mostra que han estat retinguts en un filtre i resten en el mateix després d'assecar-se a 103-105°C.

S'anomenen sòlids suspesos volàtils a aquells materials suspesos que han quedat retinguts en un filtre i els quals són susceptibles de ser calcinats a 550°C.

S'anomenen sòlids suspesos fixes a aquells materials suspesos de la mostra que resten en el filtre després d'una calcinació a 550°C.

### **Metodologia seguiment:**

La metodologia emprada en l'anàlisi és la descrita en l'apartat 2540E dels Mètodes estàndards (APHA-AWWA-WPCF, 1989).

Aquestes dades s'expressen en g/L

### **Demanda química d'Oxigen (DQO)**

#### **Definició:**

La DQO és la mesura de la quantitat d'oxigen necessari per oxidar la matèria orgànica total continguda en una mostra. Per a fer-ho s'utilitza un agent oxidant fort ( $K_2Cr_2O_7$ ) del que s'addiciona un volum conegut i en excés a la mostra juntament amb una solució àcida forta.

Indica la quantitat d'oxigen necessari per a l'oxidació dels compostos orgànics, solubles o en suspensió, biodegradables o no, i els compostos minerals oxidables continguts en una mostra.

Es mesura de dues maneres diferents:

- Decantada, (DQOd) només dona la mesura de la matèria orgànica, (biodegradable o no) d'una mostra. És interessant aquesta mesura quan el purí sofreix un tractament biològic.
- No decantada.

### **Metodologia de seguiment:**

La metodologia emprada en l'anàlisi és la descrita en l'apartat 2540E dels Mètodes estàndards (APHA-AWWA-WPCF, 1989).

Les unitats per expressar la DQO són  $gO_2/L$ .

### **Matèries oxidables (M.Ox) o carboni oxidable (C. Ox).**

#### **Definició:**

El carboni oxidable determina del carboni orgànic de la mostra que s'oxida amb dicromat de potassi, en presència d'àcid sulfúric. Es realitza una oxidació del carboni per via humida, gràcies a l'acció d'un agent oxidant ( $K_2Cr_2O_7$ ). S'obté de la relació:  $MO = 2/3 DQOd$

Les unitats s'expressaran en g/kg de mostra fresca o en mg/L.

### **Nitrogen Total (NKT). Nitrogen Orgànic (N org. ). Nitrogen amoniacal (N – $\text{NH}_4^+$ ).**

#### **Definició:**

El nitrogen total o Kjeldahl, en el cas de les dejeccions ramaderes és una mesura que indica el contingut de nitrogen total (nitrogen orgànic i nitrogen amoniacal) d'una mostra. En altres tipus de mostres el resultat del nitrogen Kjeldahl pot incloure altres fraccions nitrogenades. El què es pretén quan es realitza l'anàlisi química és el pas de les diferents formes orgàniques a formes amoniacals i, per tant, quantificar la quantitat transformada.

El nitrogen orgànic correspon a la diferència entre el valor del nitrogen total i el nitrogen amoniacal.

El nitrogen amoniacal correspon majoritàriament a l'amoni que es genera per la descomposició de les proteïnes o hidròlisi de la urea.

#### **Metodologia següent:**

La metodologia emprada en l'anàlisi de N-NKT és la descrita en l'apartat 4500NH+B dels Mètodes estàndards (APHA-AWWA-WPCF, 1989). Per l'anàlisi de N- $\text{NH}_4^+$  està descrita en l'apartat 14500 NH+E.

Els resultats s'expressaran:

NKT: en gN/kg o gN/L

N-  $\text{NH}_4^+$ : en gN-  $\text{NH}_4^+$ /L

N-Norg: en gN-Norg/L

En la interpretació de resultats cal considerar que es determina el contingut de nitrogen total i amoniacal de la mostra, però no el que es troba en forma de nitrats. Cal fer esment que aquests representen un percentatge insignificant respecte el nitrogen total, en el cas dels purins porcíns.

### **Nitrogen nítric o nitrats (N- $\text{NO}_3^-$ ).**

#### **Definició:**

Els nitrats són compostos inorgànics en els que el nitrogen presenta la seva major oxidació. Representa el producte final de la nitrificació. Cal evitar confondre els nitrats amb els nitrits, ja que normalment el nitrogen procedent dels nitrats se l'anomena nitrogen nítric.

Els nitrits es formen en la situació intermèdia de l'oxidació de l'amoniac o bé en la reducció dels nitrats. És una forma inestable i per tant és poc habitual la seva presència en els purins.

#### **Metodologia següent:**



Es poden determinar a partir del mètode espectrofotomètric d'absorció molecular mitjançant un KIT ràpid.

S'expressen en ppm (parts per milió)

### **Potencial d'oxidoreducció (Eh)**

#### **Definició:**

És un paràmetre de control del funcionament de la instal·lació. Informa de la proporció de components oxidats que estan presents en un medi en relació als reduïts.

Interpretació de resultats: els nivells de Eh altament negatius indiquen condicions anaeròbiques, mentre que nivells positius indiquen condicions aeròbiques.

Es mesura en mV (milivolts)

### **Fòsfor total (P)**

#### **Definició:**

El fòsfor és un element químic que es presenta normalment en forma de fosfats o formant part de les cadenes orgàniques d'aminoàcids, greixos, proteïnes, etc. La determinació del fòsfor total es fa després de la mineralització d'aquest en presència d'àcid sulfúric i persulfat sòdic i amb una lectura de l'absorbància en un espectrofotòmetre, es quantifica extrapolant la lectura amb rectes de calibratge quantificades a partir de solucions conegudes d'aquest element.

Les unitats en què s'expressa aquest paràmetre són els ppm.

### **Potassi (K)**

#### **Definició:**

El potassi és un element químic que en el sòl es troba en forma inorgànica i iònica exclusivament. La determinació d'aquest paràmetre es realitza mitjançant l'espectrofotòmetre per emissió atòmica, el mètode colorimètric o bé l'espectrofotòmetre de flama.

Les unitats en què s'expressa aquest paràmetre són els ppm.

### 11.3. DEFINICIÓ I METODOLOGIA DE SEGUIMENT DELS PARÀMETRES EN CADA TRACTAMENT

TRACTAMENTS PUNTS D'ANÀLISI	Separador sòlid-líquid	Fisicoquímics mixtes	Digestió anaeròbia	Nitrificació - Desnitrificació	Biològic Extensiu	SBR
Purí affluent	SST,SV, DQO, NKT, P	SST,SV, DQO, NKT, P	SST,SV, DQO, NKT, P	SST,SV, DQO, NKT, P	SST,SV, DQO, NKT, P	SST,SV, DQO, NKT, P
Líquid mescla reactor				SST en el líquid de mescla pH, CE, SST.		SST en la mescla pH, CE, SST.
Fracció líquida del procés de filtració-separació	SST,SV, DQO, NKT, P	SST,SV, DQO, NKT				
Fracció sòlida del procés	H, NKT, P	H, NKT, P	H, NKT, P	H, NKT, P		H, NKT, P
Purga				Volum i edat de la purga. pH, CE, SST, SSV.,P, NKT, N-NH <sub>4</sub> .		Volum i edat de la purga. pH, CE, SST, SSV.,P, NKT, N-NH <sub>4</sub> .
Efluent líquid final de planta	SST, SSV, DQO, DBO <sub>5</sub> , NKT, N-NH <sub>4</sub>		Concentració AGV, Alcalinitat, pH, SST, SSV. Qualitat del metà.	SST, SSV, DQO, DBO <sub>5</sub> , NKT, N-NH <sub>4</sub>		SST, SSV, DQO, DBO <sub>5</sub> , NKT, N-NH <sub>4</sub>
Efluent líquid final de llacunatge					SST, SSV, DQO, DBO <sub>5</sub> , NKT, N-NH <sub>4</sub>	

Periodicitat de realització de les analítiques	
Seguiment setmanal	NKT, SST, P, CE
Seguiment mensual	SST, SSV, DQO, P, NKT, CE, N-NH <sub>4</sub> , nitrats.
Seguiment anual	SST, SSV, DQO, P, NKT, CE, N-NH <sub>4</sub> , nitrats, coliformes totals, coliformes fecals, <i>Salmonella</i> , potassi.

#### 11.4. INSTRUMENTS PER AL CONTROL DELS PARÀMETRES ANALÍTICS

Existeixen instruments per tal de realitzar determinacions ràpides:

Al mercat es poden trobar tests, kits o tires per a la determinació del pH i la concentració d'amoniac, nitrats i nitrits. També hi ha aparells més assequibles com els densímetres, que permeten estimar, a partir de la densitat dels purins, la quantitat de sòlids, de nitrogen i de fòsfor.

Quan s'instal·la un sistema de tractament, cal demanar a l'empresa que l'instal·la que informi dels quadres de control per poder així controlar els paràmetres que s'han anat descrivint al llarg de la guia per a cada tractament. La planta de tractament porta incorporats aparells per realitzar mesures tant de cabal (cabalímetre) com de control dels paràmetres del procés: sondes de temperatura, mesurador de potencial redox, mesuradors de concentració d'oxigen i pH-metres.

Conèixer què cal que marquin aquests aparells per saber si la instal·lació està funcionant de forma correcta no tan sols és una tasca de l'empresa sinó també del ramader.

## 12. BASES PER AL CÀLCUL DE LES EFICIÈNCIES I RENDIMENTS

Es poden calcular tant les eficiències com els rendiments de qualsevol paràmetre analític que interessi, tot i que els mes representatius són els següents: SST, SSV, DQO, NKT, N-  $\text{NH}_4^+$ , N-Norg,  $\text{NO}_3^-$ .

S'efectuarà el càlcul de rendiments de distribució en el sistema de tractament, de la fase líquida i sòlida en el procés de separació física o físicoquímica.

### 12.1. EFICIÈNCIES

Les eficiències indiquen la reducció dels paràmetres contaminants de cada punt de mostreig en relació al punt de mostreig anterior.

Per tal de realitzar el càlcul cal conèixer les concentracions dels diferents paràmetres analítics i aplicar-los en l'equació següent.

$$\text{Eficiència} = \frac{[X_E] - [X_S]}{[X_E]} \times 100$$

On:

$X_E$  : concentració del paràmetre a l'entrada

$X_S$ : concentració del paràmetre a la sortida

### 12.2. RENDIMENTS

Els rendiments, igual que en les eficiències, indiquen també la reducció de paràmetres contaminants d'un punt de mostreig en relació al punt de mostreig anterior, la diferència és que, a part de conèixer les concentracions dels paràmetres analítics, també cal conèixer els cabals d'entrada i sortida de cada punt de mostreig. El càlcul es realitza aplicant la fórmula següent:

$$\text{Rendiment} = \frac{[X_E] * W_E - [X_S] * W_S}{[X_E] * W_E} \times 100$$

On:

$X_E$  : concentració del paràmetre a l'entrada

$X_S$ : concentració del paràmetre a la sortida

$W_E$  : cabal a l'entrada

$W_S$  : cabal a la sortida

## BIBLIOGRAFIA

AMAT, Oriol, SOLDEVILA, Pilar. *Contabilidad y gestión de costes*. Ed. Gestión 2000.

APHA-AWWA-WPCF. (1989) *Standard methods for the Examination of water and Wastewater*. Publication office: American Public Health Association. Seventeenth edition.

BOIXADERA J., SIÓ J., ÀLAMOS M., TORRES E. Generalitat de Catalunya. DARP Direcció General de Producció Agrària i Innovació Rural. *Manual del codi de bones pràctiques agràries: NITROGEN*, Novembre 2000.

CATALÁN LAFUENTE, José Gabriel. *Depuradoras. Bases científicas*. Bellisco Libería Editorial. Madrid, 1997

DANÉS Ricard. et al. Generalitat de Catalunya. (1995). *Manual de gestió dels purins i de la seva reutilització agrícola*. Barcelona : Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Residus : Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, 1996.

FLOTATS, Xavier;(1996) Curs d'enginyeria ambiental: *Eliminació biològica de nutrients en aigües residuals*; Lleida

GOTAAS, H. B. (1956) *Composting: sanitary disposal and reclamation of organic wastes*. Geneva, World Health Organization (WHO Monograph Series No. 31).

HAUG, Roger T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers. Boca Raton, FL.

JUNTA DE RESIDUS, 1996. *Programa de gestió de les dejeccions ramaderes a Catalunya*, 205. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya. Barcelona.

LOBERA LÖSSEL, Juan B. (1996) *Tratamiento integral de purines*. Serie técnica y de estudios 15. Región de Murcia. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua.

MADIGAN M.T., MARTINKO, J.M., PARKER, L. (1999) *Biología de los Microorganismos*. 8ª edició, Madrid.

METCALF & EDDY (1985) *Ingeniería sanitaria, Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales*, Ed. Labor, S.A. 2ª ed..

METCALF & EDDY(1995) *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. Ed. Mc. Graw Hill. 3ª ed.,.

ORÚS PUEYO, Fernando. *El estiércol fluido porcino:II.*, Zaragoza Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Servicio de

Producción y Sanidad Animal. Centro de Transferencia Tecnológica en Producción Animal, 1993-1996. Informaciones técnicas (Aragó. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes); 3,5,10

PASQUAL, Joan. *La evaluación de políticas y proyectos. Criterios de valoración económicos y sociales*. Ed. Icaria antrazyt. Economic. UAB- Server de publicacions.

SERRAT Ballús, G. (2005) Estudi de la posta en marxa, caracterització i millora d'una planta de nitrificació i desnitrificació pel tractament de purins vacuns. Universitat de Vic.

SOLVIA Torrentó, M. (2001) *Compostatge i gestió dels residus ramaders*. Escola Superior d'Agricultura. Jornades Tècniques del Mercat del Ram (Vic).

SOLVIA Torrentó, M. (2001) *Compostatge i gestió dels residus orgànics*. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient.

STANIER, R., et al. (1989) *Microbiologia*. Ed. Reverté. 2<sup>a</sup> edició. Barcelona

RYNK, Robert F. (1992). *On-farm composting handbook.*, NRAES-54. Ithaca, NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

Quaderna de divulgació núm 5. Avaluació i aprofitament dels residus orgànics d'origen ramader en agricultura.

Quaderna de divulgació núm 12. Notes sobre la utilització de purins d'origen porcí en sols agrícoles. Diputació de Lleida.

## JORNADES

Jornada d'avaluació dels sistemes de tractament de dejeccions ramaderes, Auditori Marià Vila d'Abadal. Edifici el Sucre, Vic, 18 de Febrer de 2005.

Jornada: Els purins a Catalunya. Col·legi d'enginyers Industrials de Catalunya. Barcelona, 25 de Maig de 2005.

Jornada de presentació del projecte PROBIOGAS. Promotion of Biogas for electricitu and heat production in EU countries. Departament de Medi Ambient, Barcelona, 15 de Juny de 2005.

## ARTICLES

AHRING, B.K.; GARCIA, H.; MATHRANI, I.; ANGELIDAKI, I. 1996. "Codigestion of manure with organic toxic waste in biogàs reactors", 125-132. En: Management of Urban Biodegradable Waste

ALLEMAN, J.E., IRVINE, R.L. (1980) "Nitrification in the Sequencing Batch Reactor" *Journal WPCF*, 52 (11):2747-2754

BADIA, D. (1999) "Avaluació de la capacitat nitrificant dels sòls agrícoles i semiàrids" A: Dossiers agraris 5. Problemas modernos en l'ús dels sòls: nitrats. Institució Catalana d'estudis Agraris. Juny, 1999

BONMATÍ, A, FLOTATS, X. (2003) "Air stripping of ammonia from pig slurry characterisation and feasibility as pre- or post-treatment to mesophilic anaerobic digestion". *Waste management*, núm.23, 261-272.

ESCRIBANO DIEZ, Alfonso.(2001) "Un enfoque para el tratamiento de purines."

FERRER, P.J.; SANZ, J.B.; POMAR, J. 1983. "Posibilidades de utilización agrícola del estiercol líquido porcino (ELP) en relación con su valor fertilizante y su incidencia sobre el suelo". *An. INIA-Agricultura*, 23: 35-57.

DR- H-G. BÖHM, DR.G. LANGHANS, DR.M. HEISEL.(1997) "Cleaning waste water by stripping out ammonia and hydrogen sulphide." *Science and Technology* núm. 58, 9-12.

HIDALGO, M.D., DEL ALAMO, J. "Tratamiento de purines porcinos mediante desorción con aire". *Ingeniería Química* núm. 414, 163 (2004).

HIDALGO, M.D., et al. "Reducción del contenido en N amoniacal del purín porcino mediante la técnica de stripping." *Tecnología del agua*, Gener 2001 núm.208 22-27.

MARTÍNEZ- ALMELA, J., BARRERA MARZÁ.J. (2005) "Selco-ecopurín pig slurry treatment system" *Bioresource technologies*.

MÉNDEX. R. (1996) "Comparación de tecnologías disponibles para la eliminación biológica de nitrógeno". A: Eliminació biològica de nutrients en aigües residuals. 2n curs d'Enginyeria Ambiental. Universitat de Lleida.

MOLLER,H., LUND, I, SOMMER,S. (2000) "Solid-liquid separation livestock slurry: efficiency and cost" *Bioresource Technology*, núm. 74 223-229.

OBAJA, D.; MACÉ, S.; COSTA J.; SANS C.; MATA-ELVAREZ, J. (2002) "Nitrification, denitrification and biological phosphorus removal in piggery wastewater using a sequencing batch reactor" *Bioresource technology*, núm. 87: 103-111.

OSADA, T., HAGA, K. RARADA,Y. (1991) "Removal of nitrogen and phosphorus from swine wastewater by the activated sludge units with intermittent aerations process" *Water Research*, núm 25, 1377-1388.



VANOTTI, Matias B, et al. (2004) "Evaluation of Environmentally Superior Technology: Swine Waste Treatment System for elimination of Lafoons, reduced environmental impact, and improved water quality."

Tecno-Ambiente. Revista profesional de tecnología y equipamiento de ingeniería ambiental.

## DICCIONARIS

TERMCAT, Centre de Terminologia. *Diccionari de veterinària i ramaderia*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana: TERMCAT, Centre de Terminologia, 2002. XXXIII, 698 p. (Diccionaris de l'Enciclopèdia. Diccionaris terminològics)

FUENTES i ARDERIU, X. *Bioquímica clínica*. Barcelona: Servei de Llengua Catalana de la Universitat de Barcelona; Edicions de la Universitat de Barcelona; Eumo Editorial, 1999. 316 p. (Diccionaris d'especialitat; 2)

TERMCAT, Centre de Terminologia. *Diccionari de gestió ambiental*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 1997. 271 p. (Diccionaris terminològics)

Seoáñez, M. 1999. *El Gran Diccionario del Medio Ambiente y de la Contaminación*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 807 pp.

## ADRECES WEB

Tecnología:

<http://hidrobiotecnologia.com>

(Consulta 29 de juny de 2005)

<http://www.hidrotec.com>

(Consulta 15 de març de 2005)

<http://www.ub.edu/bioamb>

(Consulta 10 de maig de 2005)

<http://www.cyclus-id.com>

(Consulta 3 d'abril de 2005)

<http://www.pce-iberi.es>

(Consulta 8 de maig de 2005)

Processos:

<http://www.lenntech.com>

(Consulta 14 de febrer de 2005)

<http://www.agroterra.com>

(Consulta 14 de febrer de 2005)

<http://cogeneracio.org>

(Consulta 5 de setembre de 2005)

<http://lukor.com>

(Consulta 18 d'agost de 2005)

<http://mie.esab.upc.es>

(Consulta 25 d'agost de 2005)

## **LEGISLACIÓ**

[http://www.3tres3.com/especial\\_purines/](http://www.3tres3.com/especial_purines/)

<http://www.gencat.net>

Decret 220/2001, d'1 d'agost, de gestió de les dejeccions ramaderes.

Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes.

ORDRE de 22 d'octubre de 1998, del Codi de bones pràctiques agràries en relació amb el nitrogen.

## **EMPRESSES CONSULTADES**

ABT- Ingeniería y Consultoría Medioambiental, S.A. (GRUPO TRADEBE)

Actuacions Mediambientals Gualba, S.L.

ADE BIOTEC

Agrotech Biotecnologia Aplicada (Vic)

ALFA LAVAL IBÉRICA, S.A.

ASINFIN, S.L.

SELCO Servicios avanzados de Ingenieria (Castelló)

GESQUA

COMERCIAL NOVELLAS

SEARSA (Societat d'explotació d'aigües residuals, S.A.)

Grupo TRAGSA

DEBIAR, S.L.

INASMET (Centro tecnológico de materiales)