



UNIVERSITAT DE BARCELONA
FACULTAT DE QUÍMICA
DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA

OPTIMISATION OF BIOLOGICAL NITROGEN REMOVAL
PROCESSES TO TREAT REJECT WATER FROM ANAEROBIC
DIGESTION OF SEWAGE SLUDGE

Doctoral Thesis directed by Joan Mata Álvarez

Alexandre Galí Serra

Barcelona, June 2006

RESUM

El tractament de les aigües residuals tant d'origen industrial com urbà és un fet inqüestionable en la societat actual. La legislació és cada cop més exigent fet que condueix tant al desenvolupament de noves tècniques per a l'eliminació de contaminants com al perfeccionament de les ja existents en les estacions de tractament d'aigües residuals (EDAR). La majoria d'EDAR estan obligades a realitzar fins a tractaments secundaris i només algunes desenvolupen els tractaments terciaris per aconseguir evacuar l'aigua amb una menor concentració de contaminants. Un exemple de tractament terciari és l'eliminació de nutrients, nitrogen i fòsfor, de les aigües residuals.

Dins la línia de tractament de l'aigua residual en una EDAR, un exemple d'aigua altament contaminada en nitrogen és l'aigua procedent de la sortida del digestor anaerobi de fangs, coneguda amb el nom d'aigua del sobrenedant de digestió anaeròbia. L'aigua del sobrenedant surt altament contaminada en nitrogen amoniacal (N-NH_4^+), amb una concentració entre 800 i 1.200 mg L^{-1} , i també conté matèria orgànica, principalment refractària. Aquestes concentracions de N-NH_4^+ representen generalment entre el 15 i el 25% del nitrogen total descarregat a l'entrada de la planta. En una EDAR el tractament d'aquesta aigua s'evita mitjançant la seva recirculació a la capçalera de planta o bé a l'entrada del reactor biològic. Normalment aquesta recirculació és viable ja que el cabal de l'aigua del sobrenedant representa només entre un 0,5 i un 2% del cabal total de la planta.

El present treball s'ha centrat en l'estudi del tractament de l'aigua del sobrenedant d'un digestor anaerobi de fangs mesofílic (35 °C) d'una EDAR de l'àrea metropolitana de Barcelona mitjançant el procés biològic de nitrificació/desnitrificació en un reactor seqüencial per càrregues (SBR) i en un reactor chemostat. En aquest moments la EDAR no realitza cap mena de tractament en aquesta línia i es limita a recircular l'aigua a la capçalera de planta.

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Visió general

Actualment els problemes mediambientals i entre ells el de les aigües residuals prenen cada dia més consciència en una societat que constantment canvia i evoluciona.

L'augment de la població, juntament amb les majors comoditats disponibles en els últims anys ha comportat un augment de les necessitats d'aigua i conseqüentment un augment del volum d'aigües residuals generat. Les estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR) mitjançant una sèrie de processos integrats acceleren el procés de depuració que es dona als rius, reduint la presència de compostos contaminants orgànics i inorgànics presents en les aigües. Normalment hi ha una tendència a utilitzar els processos biològics per al tractament tant d'aigües residuals urbanes com d'aigües d'origen industrial pel fet que són de forma generalitzada els més adequats, atès que no consumeixen reactius.

La necessitat de tractar contaminants molt diversos en una EDAR requereix la següent seqüència de tractaments:

- Pre-tractaments i tractaments primaris: Es tracta de processos destinats a eliminar els sòlids de gran mida, materials en suspensió i greixos, físicament o bé per mitjà de productes químics.
- Tractaments secundaris: Són tractaments biològics, tant aeròbics com anaerobis, per tal de reduir la matèria orgànica biodegradable.
- Tractaments terciaris: La seva finalitat és eliminar els contaminants presents encara en els efluent després del tractament secundari.

1.2 El problema del nitrogen

El fet que la legislació sigui cada vegada més exigent fa que els tractaments quedin obsolets en un període relativament curt i siguin necessàries noves mesures. Normalment les depuradores estan obligades a fer tractaments primaris i secundaris. Els terciaris, com el tractament del nitrogen o el fòsfor, actualment es fan o no en funció de la zona on es trobi ubicada la depuradora però en un futur pròxim seran obligatoris degut a les directives de la UE (Directiva 91/271/EEC i 2000/60/EEC). Considerant aquest últim aspecte hi ha diverses formes de tractar el nitrogen que normalment es troba en forma amoniacal.

1.2.1 Tractaments químics

- Procés MAP: Aquest procés consisteix en la precipitació de l'ió amoni a $MgNH_4PO_4$ (MAP) mitjançant l'addició d'àcid fosfòric i òxid de magnesi. Atès que les concentracions de magnesi i fosfat en l'aigua del sobrenedant són petites cal afegir aquests dos components. És necessari ajustar el pH entre 8,5 i 10.
- “Air stripping” de l'amoníac: Aquest procés consisteix en fer un stripping per tal d'obtenir NH_3 . En primer lloc és necessari augmentar el pH del medi per sobre de 10 afegint $NaOH$ o $Ca(OH)_2$ per convertir l'amoni a amoníac. L'amoníac és fàcilment soluble en aigua, però al entrar en contacte amb una fase gas té lloc una desorció del mateix i es transfereix de l'aigua a l'aire.
- “Steam stripping” de l'amoníac: La diferència amb el cas anterior és que l' stripping de l'amoníac es fa amb vapor d'aigua i es pot recuperar per condensació cosa que no es pot fer si es fa amb aire.

1.2.2 Tractaments biològics

El principal tractament biològic és el de nitrificació i posterior desnitrificació on l'amoni es transforma en nitrogen gas en un seguit de reaccions. Hi ha altres tractaments

com la fixació, l'assimilació o l'amoniament que no transformen el nitrogen a N_2 sinó que ho fan en altres compostos de nitrogen. A continuació s'explica el procés de nitrificació i desnitrificació.

- **Nitrificació:** La nitrificació biològica és l'oxidació del nitrogen amoniacal ($N-NH_4^+$) a nitrats i posteriorment a nitrats per l'acció de bacteris autotròfics de la família dels *nitrobacteris*. El procés té lloc en dues etapes: la primera etapa rep el nom de nitritació i en ella té lloc l'oxidació de l'amoni a nitrit amb bacteris amoni-oxidants, la segona etapa rep el nom de nitratació i consisteix en l'oxidació del nitrit a nitrat amb bacteris nitrito-oxidants (Metcalf i Eddy, 1991). Ambdues etapes són aeròbiques, és a dir que els bacteris necessiten la presència d'oxigen per viure i reproduir-se. Els bacteris són autotròfics i necessiten una font de carboni inorgànic per a la seva síntesi cel·lular

- **Desnitrificació:** La desnitrificació és el procés de reducció de nitrat a nitrogen gas en absència d'oxigen seguint un conjunt d'etapes. Es poden diferenciar dos tipus de desnitrificació; l'autotròfica que es du a terme per microorganismes els quals necessiten una font de carboni inorgànic per reproduir-se i l'heterotròfica que la desenvolupen microorganismes que necessiten una font de carboni orgànic per viure i reproduir-se. Degut a això, l'eliminació dels nitrats i nitrats es pot fer simultàniament amb l'oxidació de matèria orgànica present en les aigües evitant-se així l'addició externa de carboni orgànic.

La desnitrificació heterotròfica és la més habitual i la que s'utilitza en la part experimental d'aquest treball.

1.3 Problemàtica de l'aigua que surt dels sobrenedants de les depuradores.

D'aigües amb una elevada concentració en nitrogen amoniacal ($N-NH_4^+$) n'hi ha de diverses procedències entre les que caldria destacar: aigües d'operacions amb purins, aigües de lixiviacions i aigües procedents de la digestió anaeròbia dels fangs d'EDAR.

- (Siegrist 1996; Janus i van der Roest 1997; Mosskowska et al., 1997; Wett et al., 1998; Ghyoot et al., 1999)
- Quantitats de matèria orgànica refractària, és a dir, que no es degrada en el digestor anaerobi i matèria orgànica biodegradable si el digestor anaerobi no funciona amb una eficiència del 100%.

1.4 Alternatives al procés clàssic de Nitrificació/Desnitrificació

El procés clàssic de nitrificació/desnitrificació és la forma més senzilla per tractar l'aigua del sobrenedant de digestió anaeròbia. Ara bé, aquest procés es pot modificar per obtenir millores en el seu cost tal i com s'explica a continuació:

1.4.1 Nitrificació/Desnitrificació (N/DN) via nitrit

Des del punt de vista econòmic és millor fer la N/DN via nitrit ja que representa una reducció del 25% en el consum d'oxigen en la nitrificació i una reducció del 40% en l'addició del carboni orgànic per la desnitrificació. Hi ha diferents formes per desenvolupar la nitrificació via nitrit. Treballant a temperatures per sobre 20°C i edat de fangs inferiors a 2 dies és possible obtenir només nitrats (Hellings et al., 1999; Van Dongen et al., 2001). El pH també és un paràmetre important ja que si es treballa en un rang entre 8 i 9 amb altes concentracions d'amoni també és possible desenvolupar la via nitrit. (Anthonisen et al., 1976; Abeling i Seyfried, 1992; Grunditz i Dalhammar, 2001). Finalment si es treballa amb concentracions d'oxigen dissolt baixes s'afavoreix el creixement dels bacteris amoni-oxidants en front dels nitrito-oxidants (Piciorneau et al., 1997; Grunditz i Dalhammar, 2001; Pollice et al. 2002; Ruiz et al., 2003).

1.4.2 SHARON

El "Single reactor High activity Ammonium Removal Over Nitrite" (SHARON) és un procés patentat on té lloc la nitrificació via nitrit en un reactor tipus chemostat sense retenció de fangs. Les altes temperatures (> 30°C) i la baixa edat dels fangs (< 2 dies) són la base del procés SHARON ja que és possible eliminar els bacteris nitrito-oxidants del

L'aigua procedent del tractament de digestió anaeròbia en la línia de fangs d'una EDAR es coneix com a aigua del sobrenedant d'una depuradora i en terminologia anglesa "reject water". Aquesta aigua després de passar pel digestor i per una centrífuga per separar els sòlids en suspensió conté un elevat contingut en N-NH_4^+ (800-1.200 mg L^{-1}) i com que no es pot evacuar és recirculada a la capçalera de planta.

1.3.1 Procés de digestió anaeròbia pel tractament dels fangs

El procés de digestió anaeròbia pel tractament dels fangs es coneix també amb el nom de biometanització. Es tracta d'un procés biològic en absència d'oxigen on la matèria orgànica, present en els fangs de la purga del reactor biològic i dels decantadors de la EDAR, mitjançant microorganismes, es converteix en biogàs (mescla de CH_4 i CO_2 , en una proporció aproximada 65/35 %). La reacció engloba un sistema complex de reaccions consecutives fins obtenir finalment els productes indicats. El procés, del qual s'han trobat fins a 9 etapes de reacció, transcorre al llarg de quatre fases: hidrolítica, acidogènica, acetogènica i metanogènica (Metcalf i Eddy, 1991). Juntament amb els productes principals metà, aigua i CO_2 hi ha altres compostos com el NH_4^+ que surt juntament amb l'aigua. És la generació d'aquest ió amoni la causant que l'aigua del sobrenedant surti altament carregada en nitrogen amoniacal. L'amoni procedeix de l'interior dels fangs (microorganismes) ja que és utilitzat com a nutrient en el procés aerobi d'eliminació de matèria orgànica. El rendiment de la reacció de biometanització depèn de diversos factors entre els quals es troben: temperatura d'operació, pH, càrrega orgànica i temps de retenció hidràulic.

1.3.2 Característiques de l'aigua del sobrenedant d'una depuradora

L'aigua del sobrenedant de les depuradores representa una petita part del cabal total de la planta (entre un 0,5 i un 2%) (Janus i van der Roest 1997; Mosskowska et al., 1997; Wett et al., 1998; Ghyoot et al., 1999) i presenta les següents característiques:

- Altes concentracions de N-amoniacal (800-1.200 mg L^{-1}) que equivalen aproximadament al 15-25% del nitrogen total descarregat a la capçalera de la planta

medi degut a la millor cinètica en les condicions d'operació. Si l'aireació s'atura el procés de nitrificació es pot combinar amb la desnitrificació per desenvolupar la completa eliminació biològica de nitrogen o simplement per controlar el pH (Hellings, 1998). El procés ha estat implementat recentment a escala industrial per tractar aigua del sobrenedant de digestió anaeròbia de fangs amb resultats molt satisfactoris (van Kempen et al., 2001)

1.4.3 ANAMMOX

El "ANAerobic AMMonia OXidation" (Anammox) és un nou procés d'eliminació del nitrogen descobert recentment. És una reacció equivalent a la desnitrificació realitzada per microorganismes autotròfics que usen amoni com a electró donador per reduir el NO_2^- a N_2 en comptes de la matèria orgànica. El procés no pot treballar amb nitrat i la relació $\text{N-NH}_4^+:\text{N-NO}_2^-$ ha de ser 1:1 (Mulder et al., 1995; Strous et al., 1997; Jetten et al., 1999; Fux et al., 2002). Els microorganismes autotròfics tenen una cinètica de creixement lenta i consegüentment la producció de fangs és baixa. (van de Graff et al., 1995; Jetten et al., 1999). El fet que en el procés Anammox es necessiti nitrit i amoni al 50% vol dir que cal obtenir una nitrificació via nitrit al 50%, per tant el procés no pot desenvolupar-se directament i normalment es realitza a continuació d'un procés SHARON.

1.4.4 CANON

El "Completely Nitrogen removal Over Nitrite" (CANON) és un procés on la tecnologia dels biofilms i els grànuls és desenvolupada per simplificar la combinació dels processos SHARON-Anammox (Slijkers et al., 1998) en un sol reactor. La idea és que en un reactor poc airejat la part externa de la biomassa desenvolupi la nitrificació i la part interna dels flocs el procés Anammox. La diferència principal amb el procés SHARON-Anammox és que l'oxigen és el factor limitant que permet la via nitrit. La clau és que els microorganismes nitrito-oxidants competeixin amb els amoni-oxidants per l'oxigen i que competeixin amb els bacteris Anammox per l'amoni (van Loosdrecht and Salem, 2005).

1.4.4 BABE

El “Bio-Augmentation Batch Enhanced” (BABE) és un procés on es realitza un tractament terciari d’alta càrrega de nitrogen per ajudar el procés de N/DN de la línia principal d’una EDAR (van Loosdrecht and Salem, 2005). Un 20% dels fangs de la recirculació del reactor secundari són enriquits en microorganismes nitrificants durant el desenvolupament d’un tractament terciari de nitrificació i es tornen a recircular al reactor secundari ajudant a tenir lloc el procés de N/DN. (Salem et al., 2002, 2003).

1.4.5 Tecnologia SBR

Els reactors seqüencials per càrregues (SBR) tenen com a dues característiques principals la flexibilitat per treballar amb un ampli rang de concentracions i la compacitat que permet treballar amb diferents fases. (Irvine et al., 1997; Ketchum, 1997; Artan et al., 2001; Mace and Mata 2002). Per tant el tractament de corrents secundaries com l’aigua del sobrenedant de digestió anaeròbia en un reactor SBR simplificaria la mida del reactor tenint present que no caldria decantador i quedaria tot integrat en un mateix tanc

1.5 Modelització

El models de fangs activats de la “International Water Association” (Henze et al., 2000) representen la forma més correcte de modelitzar i simular els processos d’eliminació de nutrients i matèria orgànica.

El 1986 es va desenvolupar el model ASM1 el qual considera dos tipus de microorganismes (autotròfics i heterotròfics) i vuit processos associats. El model s’ha modificat diverses vegades quan es té en compte el procés de desfosfatació en el model ASM2d (Henze et al., 1999) i quan es considera l’acumulació de material orgànic intracel·lular en el ASM3 (Gujer et al., 1999). Malgrat aquestes modificacions el model ASM1 segueix sent un dels més utilitzats degut a la seva simplicitat i és el que s’utilitza en el present treball.

2. OBJECTIUS

La legislació ambiental és cada dia més exigent i canviant, de manera que tècniques considerades fa uns anys innovadores i molt avançades poden estar avui en dia obsoletes. L'àmplia recerca en tractament terciaris d'aigües residuals, com el tractament de nutrients, són un clar exemple d'aquesta situació.

Les EDAR que disposen d'un tractament de digestió anaeròbia generen petites quantitats d'aigua altament carregades en N-NH_4^+ (800-1.200 mg L⁻¹) i matèria orgànica refractària. En ser cabals molt petits se solen recircular a la capçalera de la EDAR on els contaminants es dilueixen, evitant-se així el seu tractament.

Davant la necessitat de trobar una tècnica eficient per tractar nutrients en les aigües residuals, el present treball consisteix en estudiar el tractament biològic mitjançant el procés de nitrificació/desnitrificació a nivell de laboratori de l'aigua del sobrenedant del digestor anaerobi d'una EDAR urbana. Es vol trobar el procés de millor eficiència amb un cost menor treballant en reactors SBR i reactors tipus chemostat.

3. MATERIALS I MÈTODES

3.1 Dispositiu experimental, substrat i inòcul

El tractament del sobrenedant de digestió anaeròbia s'ha realitzat amb reactors SBR i reactors continus tipus chemostat de 3 i 4 L respectivament amb els seus respectius difusors, agitadors i bombes peristàltiques. A més el sistema estava controlat per una caixa de control amb una tarja d'adquisició de dades (PCL-812PG) i una tarja d'interfase (PCL-743/745), mitjançant el programa *Bioexpert version 1.1 x*. La temperatura s'ha mantingut a $T \pm 0.5$ °C amb una bany (RM6 Lauda), el pH s'ha seguit amb un elèctrode (Crison Rocon 18) i l'oxigen amb una sonda (Oxi 34v0i, WTW).

Un respiròmetre intermitent que consisteix en una cambra d'aireació de 3L i una petita cambra no airejada (0.250L) connectada a un oxímetre (Oxi 34v0i, WTW) s'han utilitzat per caracteritzar l'aigua residual i trobar els paràmetres cinètics i estequiomètrics utilitzant la velocitat de consum d'oxigen (OUR).

El sobrenedant de digestió anaeròbia s'ha obtingut d'una EDAR de l'àrea metropolitana de Barcelona i es conserva a 4°C fins la seva utilització. Els microorganismes per realitzar el procés s'han pres de la mateixa EDAR i s'han adaptat a la nitrificació/desnitrificació.

3.2 Mètodes analítics

Els anàlisis de la demanda química d'oxigen (DQO), la demanda biològica d'oxigen (DBO₅), l'alcalinitat i els diferents tipus de sòlids suspesos s'han realitzat seguint els mètodes proposats pel "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater (APHA, 1998)". L'amoni s'ha determinat mitjançant un elèctrode específic (Crison, model pH 2002). Els nitrats i nitrats s'han analitzat per electroforesi capil·lar (Hewlett Packard 3D) i els àcids grassos volàtils (AGV) mitjançant un cromatògraf de gasos (Hewlett Packard 5800). Un cop extretes les mostres del reactor s'han centrifugat a 10.000 rpm durant 10 minuts.

4 RESULTATS I CONCLUSIONS

El tractament de l'aigua del sobrenedant de digestió anaeròbia és molt satisfactori per reduir les emissions de nitrogen en una depuradora i complir amb les concentracions establertes per la llei. Considerant aquest aspecte un SBR i un reactor chemostat s'han estudiat obtenint en ambdós casos rendiments d'eliminació de nitrogen de més del 95%. En els següents apartats s'explica més detalladament els resultat obtinguts i les conclusions pertinents.

Caracterització de l'aigua del sobrenedant

L'aigua residual sota estudi té principalment dos contaminants: l'alta concentració de nitrogen amoniacal (800-900 mg L⁻¹) i l'alta carrega de matèria orgànica refractària (1.500 mg L⁻¹) que no és útil pel procés de desnitrificació.

Posta en marxa i optimització d'un reactor SBR

La posta en marxa d'un reactor SBR per tractar aigua del sobrenedant s'ha estudiat des del procés d'adaptació de fangs fins al treball en estat estacionari. L'aclimatació a la nitrificació ha durat 20 dies aproximadament amb un rendiment específic (sAUR) de 30-32 mg NH₄⁺-N g⁻¹ VSS h⁻¹ sent molt sensible a modificacions de pH (òptim a pH=8). L'adaptació a la desnitrificació ha estat més ràpida (6-7 dies) sent el rendiment si s'usa nitrat de 14 mg NO₃⁻-N g⁻¹ VSS h⁻¹ i amb nitrit de 20 mg NO₂⁻-N g VSS h⁻¹, demostrant que el pas de nitrit a nitrogen gas és l'etapa ràpida de la reacció de desnitrificació.

Un cop adaptats els dos processos s'han mesclat els microorganismes i s'ha operat amb un reactor SBR de 3 L (T = 28 °C) amb cicles de 8 hores on s'ha operat amb nitrificació (5 hores) seguit de desnitrificació (2 hores) i finalment 1 hora de sedimentació. L'eliminació del nitrogen ha estat satisfactòria obtenint-se conversions de 14 mg NH₄⁺-N g VSS h⁻¹ en la nitrificació i 30 mg NO₂⁻-N g VSS h⁻¹ en la desnitrificació.

Els resultats presentats anteriorment són acceptables però es poden millorar si el sistema s'optimitza més. Considerant això s'ha mirat la influència de la variació de la temperatura d'operació obtenint que la cinètica de la nitrificació i la desnitrificació augmenten fins els 37 °C aproximadament. Considerant que el digestor anaerobi de fangs treballa a 35 °C s'ha establert una temperatura de treball de 32 °C per tenir en compte les possibles pèrdues de temperatura. També s'ha estudiat la influència de la llargada del cicle en el procés d'operació trobant que la millor cinètica del procés s'obté treballant amb cicles de 8 hores amb tres subcicles interns aerobi/anòxic utilitzant metanol en la desnitrificació. Aquests subcicles interns eviten l'addició externa de productes químics per controlar el pH el qual se situa en un rang entre 7,5 i 8,5. La baixa concentració de nitrit format degut als subcicles contribueix a millorar el procés degut a que es redueix el risc de toxicitat.

Amb les condicions d'operació anteriors la nitrificació via nitrit s'aconsegueix correctament combinant el rang de pH de treball i la baixa concentració d'oxigen dins del reactor fet que permet un estalvi d'un 25% d'oxigen en la nitrificació i un 40 % en l'addició de matèria orgànica (metanol) en la desnitrificació

SBR operant amb una font interna de carboni orgànic de la EDAR

Tot i que els experiments en el laboratori s'han realitzat amb metanol com a font de carboni orgànic per desnitrificar és aconsellable substituir-lo per una font interna de la EDAR sempre que sigui possible per tal de reduir costos d'operació en el SBR. En aquest sentit diferents fonts de carboni orgànic de la pròpia EDAR s'han estudiat trobant l'hidrolitzat de fang primari com l'única viable per a la desnitrificació.

L'operació del SBR amb espessit de fang primari centrifugat ha estat satisfactòria obtenint eficiències semblants al procés que treballa amb metanol. Des del punt de vista econòmic l'ús dels àcids grassos volàtils del fang primari suposaria la construcció d'un reactor un 25% més gran però el procés tindria una reducció econòmica de 0.2-0.3 € kg⁻¹ N eliminat.

Comparació del tractament amb un SBR o amb un chemostat

S'han estudiat dues formes de dur a terme la nitrificació/desnitrificació via nitrit i la nitrificació parcial via nitrit; un reactor SBR i un reactor tipus chemostat. Ambdues metodologies donen resultats molt satisfactoris. Si ens fixem en el punt de vista de la conversió del nitrogen el SBR és millor degut a que treballa amb un temps hidràulic menor que el chemostat fet que també implica un menor volum de reactor i un menor cost de construcció. Ara bé des del punt de vista de l'estabilitat el procés SHARON i SHARON/DN dut a terme en el chemostat presenta millor funcionament davant de fluctuacions de cabal i variacions en la concentració de nitrogen. Per tant l'elecció d'un procés o l'altre vindrà donat en funció de l'emplaçament i les característiques de l'aigua residual.

Modelització de la EDAR

El procés de modelització de la EDAR amb el model ASM1 ha verificat que la planta s'ajusta bé al model en els períodes d'hivern però que presenta menys nitrificació que la que preveu el model en l'estiu. Aquest fet es podria explicar degut a diferències en l'edat de fang real i la que es pensa que es té. També podria ser degut a l'existència de zones poc airejades en el fons del reactor degut al sistema d'airejament de turbines de superfície que hi ha a la EDAR i que afecta al procés de nitrificació.

L'ampliació de la planta a nitrificació/desnitrificació mantenint els actuals volums de la EDAR implicaria el tractament de l'aigua del sobrenedant per separat i l'addició externa de carboni orgànic per acabar de desnitrificar en la línia principal i complir amb la legislació.

5. RECOMANACIONS I NOVES PROPOSTES

Operació al laboratori

En els experiments fets al laboratori del laboratori s'han obtingut resultats molt satisfactoris. Tot això hi ha diferents aspectes que poden millorar-se per obtenir resultats millors.

Un dels aspectes més importants de tota investigació és la vessant econòmica tal i com s'ha vist anteriorment quan s'ha utilitzat el fang primari per realitzar la desnitrificació evitant el cost extern del metanol. Per tant un aspecte a considerar seria veure com operaria el reactor chemostat SHARON/DN si treballés amb fang primari per desnitrificar. Una altre opció seria la de provar la desnitrificació autotròfica utilitzant HS⁻. Aquesta opció seria viable ja que la digestió anaeròbia de fangs produeix H₂S que cal tractar i eliminar.

A més a més el desenvolupament del procés Anammox per tal d'evitar la desnitrificació també seria positiu per veure quin és el seu nivell d'estabilitat.

Modelització

La modelització de la EDAR de la qual s'obté la "reject water" ha estat molt satisfactòria però hi ha certs aspectes que no s'han considerat. Primer de tot caldria considerar l'aplicació del procés BABE en la planta per veure quin seria l'estalvi en espai i cost i poder-lo comparar amb els resultats obtinguts. Després cal considerar que la planta treballa amb 4 línies de 2 reactors cadascuna i en el procés de modelització s'ha considerat de forma global un sol reactor. Per tant la seva modelització per separat seria positiva i s'aproximaria molt més a la realitat. Finalment el càlcul de l'edat de fang real de la planta a través d'un balanç de masses de fòsfor s'hauria de considerar per tal de veure si els paràmetres proposats pel model són els correctes o caldria fer alguna modificació.