



Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Química

Títol: Minimització de la generació d'aigües de neteja i contaminants provinents dels reactors d'una indústria química

Document: Memòria

Alumne: Guillem Batalla Boncompte

tutor: Núria Fiol i Santaló

Departament: Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària

Àrea: Enginyeria Química

Convocatòria (mes/any): Febrer / 2016

ÍNDIX

ÍNDIX	2
ÍNDIX DE TAULES.....	3
AGRAÏMENTS.....	5
1 INTRODUCCIÓ	6
1.1 OBJECTIUS.....	8
2 MATERIALS I MÈTODES.....	9
2.1 DESCRIPCIÓ D'EQUIPS I OBTENCIÓ DE MOSTRES D'AIGÜES ABOCADES A LA DEPURADORA	9
2.1.1 Neteges dels reactors.....	9
2.1.2 Purga de caldera	11
2.1.3 Rebuig d'osmosi.....	12
2.1.4 Reactor del procés de fabricació de resines.....	13
2.1.5 Tancs d'homogeneïtzació.....	13
2.1.6 Decantador	14
2.2 ANÀLISI DE LES MOSTRES	15
2.3 ESTUDI DE DIFERENTS FLOCULANTS PER A UNA MILLOR DECANTACIÓ EN LES AIGÜES DE NETEJA MÉS CONTAMINANTS.....	17
2.3.1 Procediment.....	18
2.4 ESTUDI DEL PERÒXID D'HIDROGEN COM A PRETRACTAMENT A LES AIGÜES A DEPURAR.....	19
2.4.1 Procediment.....	19
2.5 ESTUDI D'AIREACIÓ COM A PRETRACTAMENT A LES AIGÜES A DEPURAR.....	20
2.5.1 Procediment.....	20
3 RESULTATS I DISCUSSIÓ	21
3.1 RESULTATS DE LES OBTENCIONS DE MOSTRES D'AIGÜES ABOCADES A LA DEPURADORA	21
3.1.1 Resultats de les neteges dels reactors	21
3.1.2 Resultats de la purga de la caldera	26
3.1.3 Resultats del rebuig d'osmosi.....	27
3.1.4 Resultats del procés de fabricació de resines	28
3.1.5 Resultats del tanc d'homogeneïtzació	29
3.1.6 Resultats de la sortida de la depuradora	30

3.2	PROPOSTES PER LA MINIMITZACIÓ DE LA GENERACIÓ D'AIGÜES DE NETEJA I CONTAMINANTS.....	31
3.2.1	Instal·lació de sistemes alternatius per a la neteja dels reactors.....	31
3.2.2	Resultats de l'estudi de diferents floculants per a una millor decantació en les aigües de neteja dels productes més contaminants.....	34
3.2.3	Proposta de la filtració d'aigües de neteja com a pretractament a les aigües a depurar.....	38
3.2.4	Resultats de l'estudi del peròxid d'hidrogen com a pretractament a les aigües a depurar.....	40
3.2.5	Resultats de l'estudi d'aeració com a pretractament a les aigües a depurar.....	44
3.2.6	Gestió del subproducte de la fabricació de resines.....	46
4	CONCLUSIONS.....	48
5	PLANIFICACIÓ I COST.....	50
6	BIBLIOGRAFIA.....	51
	ANNEXES	53
	ANNEX 1 – Resultats dels anàlisis dels tancs d'homogeneïtzació.....	53
	ANNEX 2 – Resultats de la sortida de la depuradora	54
	ANNEX 3 – Imatges de la decantació de diferents floculants	56

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1.1 Límits d'abocament establerts pel Decret 130/2003 segons el Reglament dels serveis públics de sanejament per a poder abocar a l'EDAR municipal.....	7
Taula 2.1: Llistat de productes que es fabriquen en més quantitat i descripció de l'ús final de cada un d'ells.	10
Taula 3.1: Dades dels productes, data de la recollida de mostres i volums unitaris i anuals de les neteges de cada fabricació de producte.	21
Taula 3.2: Resultats dels anàlisis de les mostres procedents de les neteges de la fabricació dels productes.	23
Taula 3.3: Resultats de l'anàlisi de les aigües procedents de les purgues de la caldera.	26
Taula 3.4: Resultats de l'anàlisi de les aigües procedents del rebuig d'osmosi.....	27
Taula 3.5: Resultats de l'anàlisi de les aigües olioses procedents del procés de fabricació de resines.....	28
Taula 3.6: Valors mitjans dels resultats dels anàlisis de les aigües procedents dels tancs d'homogeneïtzació.	29
Taula 3.7: Valors mitjans dels resultats dels anàlisis de les aigües un cop fet el procés de depuració.....	30
Taula 3.8: Especificació de l'espècie química de cada floculant.....	34
Taula 3.9: Resultats dels anàlisis de les proves amb diferents floculants.....	35
Taula 3.10: Resultats de les aigües depurades dels millors floculants.....	37
Taula 3.11: Resultats de les anàlisis de la mostra abans del tractament.	40
Taula 3.12: Resultats del primer estudi d'usar peròxid d'hidrogen en les aigües dels tancs d'homogeneïtzació	40

Taula 3.13: Resultats de les anàlisis de la mostra inicial abans del tractament del segon estudi.....	42
Taula 3.14: Resultats del segon estudi d'usar peròxid d'hidrogen en les aigües dels tancs d'homogeneïtzació	43
Taula 3.15: Resultats de les DQO de les mostres airejades.....	44
Taula 3.16: Resum dels costos consumibles per a la realització de l'estudi.....	50

ÍNDIX DE FIGURES

Imatge 2.1: Digestor <i>Nanoclor Quattro</i>	15
Imatge 2.2: Kits NANOCOLOR. Per ordre d'esquerra a dreta: Clorurs, DQO 15000 i DQO 1500.....	16
Imatge 2.3: SARTORIUS MA35H00023VI	16
Imatge 2.4: Conductímetre EUTECH INSTRUMENTS (CON 1500).....	17
Imatge 3.1: Part final del tub de suport i capçal rotatiu.....	31
Imatge 3.2: Conjunt d'equips que formen la instal·lació d'una neteja criogènica.....	33
Imatge 3.3: Mostra inicial de l'estudi	34
Imatge 3.4: Temps final de la sedimentació amb el floculant EM 840 MEB.....	36
Imatge 3.5: Temps inicial de la sedimentació amb el floculant EM 840 MEB	36
Imatge 3.6: Temps final de la sedimentació amb el floculant AF 934 SH	37
Imatge 3.7: Temps inicial de la sedimentació amb el floculant AF 934 SH.....	37
Imatge 3.8: Temps final de la sedimentació amb el floculant NF 920 SH	37
Imatge 3.9: Temps inicial de la sedimentació amb el floculant NF 920 SH.....	37
Imatge 3.10: Evolució de la DQO de la mostra en funció del temps.....	45
Imatge 3.11: Evaporador SERIE DRY 100 AISI 316L.....	47
Imatge 5.1: Planificació del projecte	50
Imatge 0.1: Procés de sedimentació del floculant AF 934 SH. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	56
Imatge 0.2: Procés de sedimentació del floculant EM 640 MEB. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	56
Imatge 0.3: Procés de sedimentació del floculant EM 840 MEB. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	56
Imatge 0.4: Procés de sedimentació del floculant MAGNAFLOC CT20. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	57
Imatge 0.5: Procés de sedimentació del floculant NF 920 SH. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	57
Imatge 0.6 Procés de sedimentació del floculant PeQu-133. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	57
Imatge 0.7: Procés de sedimentació del floculant PeQu-PL131. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	58
Imatge 0.8: Procés de sedimentació del floculant PeQu-PL131.2. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	58
Imatge 0.9: Procés de sedimentació del floculant ZETAG 4145. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	58
Imatge 0.10: Procés de sedimentació del floculant ZETAG 8818. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	59
Imatge 0.11: Procés de sedimentació del floculant ZETAG 9016. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.	59

AGRAÏMENTS

En la realització d'aquest projecte ha estat present l'ajut de moltes persones i institucions el qual agraeixo la seva col·laboració:

- Als tutors: Núria Fiol, tutora de la Universitat de Girona, per les crítiques constructives, recomanacions, correccions i punts de vista diversos per encarar correctament el projecte; i Israel Fajardo, tutor de l'empresa Concentrol, pel control diari, ajut en moments claus i idees noves per trobar solucions en moments d'estancament, entre altres.
- A tot el personal tècnic, de laboratori i de producció de Concentrol, per l'acollida rebuda durant la realització del projecte, l'explicació de nous coneixements i els ajuts aportats perquè el treball realitzat fos més fàcil.
- A la família, amics i coneguts per el seu suport i ànims en tot moment i sobretot en les etapes més crítiques.
- A totes les persones que directa o indirectament han estat relacionades amb aquest treball.

1 INTRODUCCIÓ

L'empresa PRODUCTES CONCENTROL és una empresa química familiar situada al polígon industrial Políngesa de Riudellots de la Selva dedicada a la fabricació d'especialitats químiques. La producció està estructurada en tres divisions:

- Divisió desemmotllants;
- Divisió alimentària (recobriments per embotits, formatges, verdures i fruites)
- Divisió especialitats químiques (dispersions de resina, adhesius i antiespumants, entre els més importants)

La variabilitat de processos de fabricació que s'utilitza i la gran complexitat de productes que són utilitzats i processats fan que es generin aigües residuals de neteja de diferents composicions, en funció del producte final, quan es netegen els reactors.

L'empresa també genera aigües residuals provinents de les purgues d'una caldera, els seus vapors condensats i per altra banda les aigües de rebuig d'un tractament d'osmosi inversa.

El sumatori de totes aquestes aigües són tractades posteriorment a la depuradora físic-química de l'empresa. Un cop el procés de decantació ha finalitzat, les aigües són abocades a la xarxa de clavegueram del polígon, on finalment acabaran a l'estació depuradora d'aigües residuals del municipi de Riudellots de la Selva.

Cal esmentar que la producció total es divideix alhora en dos grans sectors: els productes on la seva base és un solvent i els productes on la seva base és aigua. Els primers no generen aigua residual ja que sempre es fa el mateix tipus de producte al mateix reactor i no cal fer la neteja. Cada família de producte en base solvent té el seu reactor per fer la producció. Això no passa amb els productes en base aigua, on un reactor fa diferents famílies de productes i llavors cal netejar el reactor cada cop que es fa una producció diferent.

El cabal d'aigües residuals que genera l'empresa no és continu, és a dir, el flux no és constant si no que es dona de forma puntual durant el dia. Per aquest motiu la depuradora de l'empresa és un sistema de tractament físic-químic en discontinu.

Aquest sistema de tractament d'aigües consta de: dos dipòsits de recollida d'aigües on s'hi aboquen totes les aigües a processar, dos tancs d'homogeneització amb agitació, un decantador, un dipòsit per adequar els fangs, un filtre premsa per extreure l'aigua dels fangs, un filtre de carbó actiu i també té uns dipòsits de coagulant, floculant i un d'hidròxid de calci per regular el pH.

El control de qualitat de l'empresa realitza dos cops per setmana anàlisis a les aigües de sortida de la depuradora. Com que aquestes aigües són abocades a l'EDAR del municipi que gestiona l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), els límits d'abocament que haurà de complir són els establerts per el decret 130/2003 segons el Reglament dels serveis públics de sanejament:

PARÀMETRE	VALOR MÀXIM
Nitrogen orgànic i amoniacal (mg/L)	90
Conductivitat (µs/cm)	6000
Clorurs (mg/L)	2500
DQO (mg/L)	1500
Fòsfor total (mg/L)	50
pH (interval)	6 - 10
MES (mg/L)	750

Taula 1.1 Límits d'abocament establerts pel Decret 130/2003 segons el Reglament dels serveis públics de sanejament per a poder abocar a l'EDAR municipal

En les mostres de l'aigua de la depuradora, que posteriorment aniran a l'EDAR del municipi, s'analitza el pH, la DQO, la conductivitat i els clorurs. Els altres paràmetres no són analitzats ja que no són tant problemàtics com ho son els esmentats anteriorment.

La depuradora instal·lada va ser dissenyada per assolir els valors límit d'abocament regulats per l'ACA. Així doncs l'empresa controla i és coneixedora de la qualitat de les aigües que aboca a l'EDAR del municipi. El que no coneix són les concentracions i els cabals d'abocament de les aigües residuals que entren a la depuradora, ja siguin de neteja dels reactors, purgues de caldera o el rebuig del tractament d'osmosi. Si es coneixen aquestes concentracions i cabals d'abocament es poden fer intervencions per poder minimitzar-ne els volums i en nivell de contaminació, facilitant-ne així el treball que es duu a terme a la depuradora.

1.1 OBJECTIUS

L'empresa coneix els focus d'emissió d'afluents destinats a l'entrada de la depuradora. El que no coneix són les concentracions i cabals d'aquests focus, per tant el primer que es durà a terme serà localitzar tots els focus d'emissió (els esmentats anteriorment i si n'hi ha d'altres que no es coneixen) i analitzar-les amb els mateixos paràmetres que els de les aigües de la sortida de la depuradora per així poder comparar.

L'objectiu d'aquest projecte és aportar propostes de millora a l'actual sistema de neteja dels reactors i del funcionament de la depuradora per tal de reduir tant el volum a tractar com la concentració dels paràmetres més crítics.

Així doncs, un cop feta la caracterització de totes les aigües, es proposaran modificacions en el procés de rentat o instal·lacions de nous equips per reduir tant les càrregues contaminants com els cabals de rentat en aquells productes que provoquin un impacte més important en el funcionament de la depuradora.

També es proposaran modificacions en el funcionament de la depuradora per tal d'optimitzar-la al màxim, tant a nivell químic com a nivell d'equips i paràmetres de funcionament.

2 MATERIALS I MÈTODES

Analitzant tots els focus d'emissió dels efluent líquids, es pot veure que n'hi ha tres de ben diferents: neteges de reactors, purga de caldera i rebuig d'osmosi. Per aquest motiu, el mètode d'obtenció de mostres no serà el mateix per a cada focus. A continuació s'expliquen els diferents equips d'on provenen els efluent d'aigües residuals i el corresponent mètode que s'ha seguit per tal d'obtenir les mostres en cada un d'ells.

2.1 DESCRIPCIÓ D'EQUIPS I OBTENCIÓ DE MOSTRES D'AIGÜES ABOCADES A LA DEPURADORA

2.1.1 Neteges dels reactors

L'empresa disposa de vint-i-cinc reactors distribuïts entre les tres naus de la planta. D'aquests vint-i-cinc reactors, n'hi ha catorze on es fan productes amb base aigua, cosa que vol dir que es netegen amb aigua cada vegada que fa un producte. Cada producte té una instrucció de neteja a seguir diferent a la dels altres productes.

Els reactors generalment es netegen amb una pistola d'aigua a pressió *Karcher* per eliminar el producte que pugui quedar incrustat i després s'usa una mànega d'aigua per acabar d'esbandir el residu. Hi ha neteges que utilitzen filtres i que després aquests també s'han de netejar.

Les aigües de neteja que surten per les boques dels reactors són abocades directament en contenidors de plàstic de mil litres de capacitat. Quant aquests contenidors estan plens d'aigües de neteja (ja sigui d'un sol producte o més productes), es transporten en una zona on hi ha unes reixetes per l'abocament d'aquestes aigües. Aquí és on s'obren les boques dels contenidors perquè totes arribin a la depuradora per el clavegueram intern propi de l'empresa.

L'empresa fabrica centenars de productes amb modificacions diferents. Com que és impossible agafar una mostra del rentat de cada producte ja que n'hi ha que es fabriquen anualment, es realitza un llistat dels productes en base aigua que es produeixen en més

frequència a l'empresa, i seran aquests els que s'analitzaran. Entre ells s'hi troben polímers, recobriments alimentaris per a formatges, agents antiestàtics i dispersants, lubricants, antiespumants, emulsions de resina i desemmotllants.

Producte	Aplicació del producte
AD-66 X6 WIP	Additiu anti-soroll per al tractament posterior al desemmotllament d'espumes de poliuretà
CONCENTROL-LP-FA-511 BR	Desemmotllant en base aigua per a espumes de poliuretà tractats en fred
E - 177	Dispersió de resina taquificant per adhesius i autoadhesius en base aigua
E - 77 H	Dispersió de resina taquificant per adhesius i autoadhesius en base aigua
EMUTROL DFM DV-1 FG	Emulsió de silicona per el control d'espumes en sistemes aquosos (antiespumant)
MOWITROL PAV-32-8 (45%)	Base polimèrica d'acetat de polivinil per a poder formular adhesius i coles blanques
MOWITROL-11 CPT-53-1	Base polimèrica d'acetat de polivinil per a poder formular recobriments de formatges i embotits
MOWITROL-18 CAV-45/1	Base polimèrica d'acetat de polivinil per a poder formular recobriments de formatges i embotits
MOWITROL-25 CAV-55-1	Base polimèrica d'acetat de polivinil per a poder formular recobriments de formatges i embotits
MOWITROL-4 CAV-45/1 (TECG-14 A-6)	Base polimèrica d'acetat de polivinil per a poder formular recobriments de formatges i embotits
PS - 2400	Emulsió de pòlidimetilsiloxà. Antiadherent i lubricant
LP PS-5-333	Agent antiestàtic i dispersant per a càrregues minerals i pigments. Aplicació per al paper
TRACKTROL LP CF 230-700	Adhesiu per envàs i embalatge, especialment utilitzat en caixes de cartró.
VIPLAST-296 ML-10	Recobrint alimentari de color marró clar per a formatges
VIPLAST-164 ML-10	Recobrint alimentari de color marró per a formatges
VIPLAST-1FLW DQ2	Recobrint alimentari transparent per a formatges

Taula 2.1: Llistat de productes que es fabriquen en més quantitat i descripció de l'ús final de cada un d'ells.

Per fer un seguiment de la producció diària, quan es produeix algun dels productes esmentats a la Taula 2.1 es guarda tota l'aigua que s'utilitza per netejar el reactor i/o filtres utilitzats si s'escau, en un contenidor buit i net. En cas que l'aigua que s'utilitza per netejar el reactor sigui superior a mil litres, s'usa un altre contenidor buit i net per emmagatzemar aquesta aigua.

Un cop les aigües de neteja estan al contenidor de plàstic, s'agita el contenidor per evitar que quedin sòlids dipositats al fons del contenidor i s'agafa una mostra per la part inferior del contenidor (per la boca d'aquest) i una altra per la part superior. Tot i haver agitat el contenidor, es creu convenient agafar dues mostres de procedència diferent ja que la composició de cada mostra pot variar segons d'on s'agafi. Aquestes dues mostres es mesclaran posteriorment per formar-ne una de sola.

De cada producte s'analitzen els paràmetres de pH, clorurs, DQO, color i grau de turbolesa, conductivitat i sòlids totals.

2.1.2 Purga de caldera

Dins la planta industrial hi ha instal·lades dues calderes: una d'oli tèrmic i una de vapor. La d'oli tèrmic no produeix purgues mentre que la de vapor sí. L'aigua present dins la caldera de vapor és de conductivitat reduïda. Tot i això, quan s'evapora, les sals que hi ha presents es queden retingudes dins el sistema de la caldera. Això fa que el seu interior es vagi deteriorant a causa de les sals acumulades. Per evitar aquest efecte de malmetement de l'equip a causa de les incrustacions que provoquen les sals acumulades, la caldera genera unes purgues per la part inferior per eliminar aquestes sals.

La caldera de vapor instal·lada és de la marca *ATTSU* i aquesta genera una purga automàtica d'aproximadament 8 litres cada 6 minuts que s'aboca directament a la depuradora. La caldera està en funcionament tots els dies laborals de l'any, cosa que suposa que sigui un cabal a considerar.

En el moment en que la caldera genera una purga, es recull una mostra d'aquesta aigua i s'identifiquen els paràmetres de pH, clorurs, DQO, color i grau de terbolesa, conductivitat i sòlids totals.

2.1.3 Rebuig d'osmosi

L'empresa té instal·lat també un sistema de tractament d'aigua mitjançant el procés d'osmosi inversa. Aquesta aigua tractada és utilitzada als laboratoris com a aigua osmotitzada i també és utilitzada a producció per la fabricació dels productes, on en fan el major consum. Anualment l'empresa destina aproximadament 3000 m³ d'aigua per a la fabricació dels productes, però en passar per la planta de tractament d'aigua, aproximadament un 30% d'aquesta aigua és la que forma el cabal de rebuig de l'osmosi inversa.

La planta de tractament d'aigua consta de varis equips: primer s'hi troba un descalcificador d'intercanvi iònic per tal d'eliminar els ions que pugui haver a l'aigua. A continuació hi ha un filtre de carbó actiu que elimina els clorurs presents a l'aigua ja que aquesta aigua és de xarxa. Finalment s'hi troben les membranes del procés d'osmosi pròpiament dit, que reté els últims ions que queden a l'aigua. L'aigua tractada s'emmagatzema en un dipòsit, mentre que el cabal de rebuig s'aboca a la depuradora. És important que el filtre de carbó actiu funcioni correctament eliminant els clorurs ja que en cas contrari, els clorurs arriben a les membranes del procés d'osmosi i aquests ions malmeten les membranes. Això suposa un desgast més ràpid de les membranes i un cost econòmic extra per tal de substituir les membranes malmeses. A més a més hi ha un dipòsit de capacitat de 5 m³ per emmagatzemar l'aigua osmotitzada produïda.

Mentre el tractament d'aigua es duu a terme, el rebuig que extreu l'equip d'osmosi inversa és abocat directament a la depuradora. Aquest procés funciona quan el sensor de nivell del dipòsit s'activa per la baixa quantitat d'aigua osmotitzada present al dipòsit, per tant s'extreu una mostra del rebuig quan la planta d'osmosi està en funcionament per a poder-la analitzar.

D'aquesta mostra s'identifiquen els paràmetres de pH, clorurs, DQO, color i grau de terbolesa, conductivitat i sòlids totals.

2.1.4 Reactor del procés de fabricació de resines

Un dels productes que es fabriquen més a l'empresa són les dispersions de resina. Durant el seu procés de fabricació s'obté un subproducte residual semblant a aigües olioses emulsionades. Aquest subproducte és conduït fins a un dipòsit de mil litres de capacitat on s'emmagatzema per posteriorment ser gestionat com a residu.

Aquest dipòsit s'ha de canviar cada vegada que s'omple fins a la màxima capacitat però hi ha vegades que el subproducte sobresurt del dipòsit. Aquest sistema està instal·lat a la zona on hi ha les reixetes d'abocament dels contenidors de les neteges dels reactors i això fa que quan el subproducte de les dispersions de resina sobresurt del dipòsit vagi directament cap a la depuradora.

En el moment que el dipòsit d'aigües olioses està ple, es recull una mostra i s'identifiquen els paràmetres de pH, clorurs, DQO, color i grau de terbolesa, conductivitat i sòlids totals.

2.1.5 Tancs d'homogeneïtzació

La depuradora de l'empresa té dos tancs d'homogeneïtzació de 55 m³ cada un on es recull la totalitat de les aigües que genera l'activitat de l'empresa i que s'han de depurar. Actualment només s'utilitza un dels dos tancs com a dipòsit d'emmagatzematge i l'altre entra en funcionament com a dipòsit de seguretat en cas que el primer estigui ple. Les aigües presents als tancs d'homogeneïtzació passen posteriorment amb una bomba al decantador per iniciar el procés de coagulació-floculació.

Un cop per setmana s'agafa una mostra de les aigües del tanc d'homogeneïtzació ple i s'analitzen els paràmetres de pH, clorurs, DQO, color i grau de terbolesa, conductivitat i sòlids totals.

2.1.6 Decantador

A la planta de depuració que té l'empresa s'hi troba un decantador de 10 m³ on s'hi duu el procés de coagulació-floculació pròpiament dit. Actualment l'empresa hi addiciona clorur fèrric com a coagulant, hidròxid de calci com a regulador de pH i poliacrilàmida aniónica d'alt pes molecular com a floculant. D'aquí en sedimenten els fangs que són tractats posteriorment al filtre premsa, i queda a la part superior del decantador l'aigua tractada apunt per ser abocada a l'EDAR del municipi.

Dos cops per setmana s'extreu una mostra de la part superior del decantador per ser analitzada. De cada una d'elles s'analitzen els paràmetres de pH, clorurs, DQO i conductivitat.

S'ha de tenir en compte que aquestes mostres han de complir amb els límits d'abocament establerts per la legislació vigent que es mostren a la Taula 1.1. En cas que aquestes mostres d'aigua depurada sobrepassin els límits dictats, no serà possible abocar l'aigua depurada al clavegueram del polígon industrial.

2.2 ANÀLISI DE LES MOSTRES

Els paràmetres analitzats de totes les aigües residuals que entren a la depuradora són els mateixos que es miren a les aigües d'abocament a la depuradora del municipi, per així comparar valors dels mateixos paràmetres. En total es miren sis paràmetres explicats a continuació:

- **DQO (Demanda química d'oxigen):** Determinació de la quantitat d'oxigen necessari per oxidar la matèria orgànica de la mostra i els resultats d'aquesta mesura és donen en mg/L O₂. Les mesures es duen a terme amb kits de test preparats per a la determinació de la DQO. Aquests kits són *NANOCOLOR / DQO (1 – 15 g/L) / TEST 0-28 (985 028)* i kits *NANOCOLOR / DQO (100 – 1500 mg/L) / TEST 0-29 (985 029)* depenent de la concentració de la mostra . A dins de cada respectiu kit hi ha 20 vials d'anàlisi. La lectura d'aquesta mostra es fa amb el fotòmetre *Photometer PF – 11*.

Procediment *NANOCOLOR / DQO (1 – 15 g/L)*: es pipeteja 0,2 mL de mostra i s'introdueix a dins el vial. S'agita el vial i s'introdueix al digestor *Nanoclor Quattro* durant dues hores a 148°C. Un cop passat el període de temps, s'agita en calent i es deixa refredar fins a una temperatura aproximada de 20 – 25 °C. Amb el fotòmetre primer es fa un blanc (que va inclòs dins el kit d'anàlisi) i després es fa la lectura de la mostra.

Procediment *NANOCOLOR / DQO (100 – 1500 mg/L)*: es pipeteja 2 mL de mostra i s'introdueix a dins el vial. S'agita el vial i s'introdueix al digestor *Nanoclor Quattro* durant dues hores a 148°C. Un cop passat el període de temps, s'agita en calent i es deixa refredar fins a una temperatura aproximada de 20 – 25 °C. Amb el fotòmetre primer es fa un blanc (que va inclòs dins el kit d'anàlisi) i després es fa la lectura de la mostra.



Imatge 2.1: Digestor *Nanoclor Quattro*

- **Clorurs:** Determinació de la concentració de clorurs en la mostra. Les mesures es duen a terme amb kits de test preparats per a la determinació de la concentració de clorurs. Aquests kits són *NANOCOLOR / Clorur (5 – 200 mg/L) / TEST 0-19 (985 019)*. A dins de cada kit hi ha 20 vials d'anàlisi. La lectura d'aquesta mostra es fa amb el fotòmetre *Photometer PF – 11*.

Procediment: es prepara una dilució 1:20 de la mostra a analitzar es pipeteja 1 mL de la dilució, s'introdueix a dins el vial juntament amb 1 mL de reactiu R2 (reactiu inclòs dins el kit). S'agita el vial i es deixa reposar durant 3 minuts. Amb el fotòmetre primer es fa un blanc (que va inclòs dins el kit d'anàlisi) i després es fa la lectura de la mostra. El valor d'aquesta lectura s'ha de multiplicar per 20 ja que s'ha fet una dilució.



Imatge 2.2: Kits NANOCOLOR. Per ordre d'esquerra a dreta: Clorurs, DQO 15000 i DQO 1500.

- **Color:** Anàlisi visual i qualitatiu del color de la mostra. Determinació del color i el grau de terbolesa.
- **Sòlids totals:** Determinació dels sòlids totals en la mostra. Les mesures es duen a terme amb l'aparell *SARTORIUS MA35H00023VI*, que escalfa la mostra a una temperatura constant de 100°C fins que aquesta manté un pes constant i no perd més pes. El resultat es dona en percentatge de pes final no evaporat.



Imatge 2.3: SARTORIUS MA35H00023VI

- **Conductivitat:** Determinació de la presència de sals en dissolució en la mostra amb un conductímetre. Les mesures es realitzen amb el conductímetre *EUTECH INSTRUMENTS (CON 1500)* i els resultats s'expressen amb $[\mu\text{S}]$



Imatge 2.4: Conductímetre EUTECH INSTRUMENTS (CON 1500)

- **pH:** Determinació de la concentració de ions hidrogen de les mostres amb un pH-metre. Mesures realitzades amb un aparell *CRISON Basic 20*.

2.3 ESTUDI DE DIFERENTS FLOCULANTS PER A UNA MILLOR DECANTACIÓ EN LES AIGÜES DE NETEJA MÉS CONTAMINANTS

A la depuradora físic-química de l'empresa s'hi duen a terme els processos de coagulació, floculació i decantació, depurant així les seves aigües residuals i poder abocar-les a l'EDAR del municipi.

Actualment el procés de depuració que s'usa a l'empresa és el següent: les aigües residuals que s'aboquen a tota la planta es recullen en dos dipòsits d'homogeneïtzació. D'aquí passen al decantador, on s'hi afegeix policlorur de ferro (III) i alumini com a coagulant, una dissolució d'hidròxid de calci al 4% en pes com ajustador del pH i una poliacrilàmida aniònica d'alt pes molecular (PeQu-P133) com a floculant.

Aquests tres productes que s'usen a la depuradora són els més efectius segons estudis realitzats anteriorment, però tot i així hi ha vegades que els paràmetres estan propers als límits d'abocament quan s'han de depurar les aigües més contaminants.

Així doncs en aquest estudi es mira la viabilitat d'usar diferents floculants en unes de les aigües de neteja més contaminades que emet l'empresa per escollir el millor floculant per aconseguir depurar les aigües més crítiques fins als límits establerts.

2.3.1 Procediment

Per aquest estudi es fan servir mostres de les aigües de neteja dels productes VIPLAST-296 ML-10 i MOWITROL-4 CAV-45/1 (TECG-14 A-6) i es prepara una mescla al 50% en pes de les dues aigües. D'aquesta mescla s'analitzen els paràmetres de DQO i pH.

Es prepara el muntatge per a poder fer l'estudi que està format per: un suport, un motor i un agitador tipus àncora que formaran el sistema per mesclar la mostra. També es prepara un pH-metre al costat de l'agitador que permetrà determinar la quantitat de producte que s'afegirà en cada moment. Abans de començar l'estudi s'ha de preparar la dissolució d'hidròxid de calci al 4% en pes.

En un vas de precipitats de 500 ml s'aboquen 400 g de mostra de les aigües de neteja esmentades anteriorment. Es col·loca el vas de precipitats de manera que hi hagi agitació i es puguin fer mesures de pH. L'agitació inicial és de 350 rpm.

S'addiciona policlorur de ferro (III) i alumini fins a pH inferior a 3 i s'anota la quantitat de producte addicionat. Un cop s'aconsegueix aquest valor, s'afegeix d'hidròxid de calci al 4% en pes fins a assolir un pH proper a 8,5 i s'anota la quantitat de producte afegit. En aquest moment es redueix la velocitat d'agitació fins a 150 rpm per aconseguir que el floculant actuï de manera correcta i no es trenqui el flòcul.

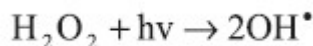
S'afegeix el floculant fins que s'aprecia un flòcul que està junt, suficientment gran i que pugui sedimentar. Aquesta apreciació és sobretot visual, per tant la quantitat de floculant que s'afegeix serà diferent per a cada producte i dependrà de l'aspecte que tingui el flòcul. S'anota la quantitat de floculant addicionat dins el vas de precipitats.

Un cop es considera que el flòcul pot començar a sedimentar, es deixa reposar durant un temps mínim d'una hora. Es prenen fotos del procés de sedimentació en els temps inicial, passats 15 minuts i passats 60 minuts.

En les mostres que hi ha una correcta sedimentació i que per tant es podrien realitzar a nivell industrial es mesuren els paràmetres de pH, clorurs, conductivitat i DQO.

2.4 ESTUDI DEL PERÒXID D'HIDROGEN COM A PRETRACTAMENT A LES AIGÜES A DEPURAR

Els POA (Processos Oxidatius Avançats) són molt comunament usats en la indústria per a tractar aigües residuals. Són mètodes on s'usa l'ozó i/o el peròxid d'hidrogen per remoure matèria orgànica dels efluent contaminats. L'addició de llum ultraviolada en aquest mètode permet agilitzar el procés ja que es generen més ràpidament radicals $\text{OH}^\bullet$, que són els causants de la reducció de matèria orgànica.



En aquest estudi s'estudia la viabilitat d'usar peròxid d'hidrogen i llum ultraviolada en les aigües dels dos tancs d'homogeneització per tal que les aigües d'entrada al decantador tinguin una càrrega de matèria orgànica menor que les dels tancs d'homogeneització.

2.4.1 Procediment

Es recull una mostra del tanc d'homogeneització i s'analitzen els paràmetres de pH, conductivitat, sòlids totals, DQO i color i grau de terbolesa.

Un cop la mostra analitzada, es preparen 3 vasos de precipitats amb 150 grams d'aigua a tractar per a cada vas. Es fan proves afegint un 1%, 2% i 5% de peròxid d'hidrogen a cada vas, per tant 1,5 grams, 3 grams i 7,5 grams respectivament. Es manté una agitació constant durant tres minuts per tal que el peròxid d'hidrogen s'homogeneïtzi totalment amb l'aigua residual i es deixen reposar les mostres. Les mostres no es tapen ja que es vol simular la penetració de llum ultraviolada, utilitzant en aquest estudi la llum solar i la llum artificial (fluorescents).

Passada una hora des de l'addició del peròxid d'hidrogen es miren els paràmetres de pH, conductivitat, color i grau de terbolesa i DQO i passades vint-i-quatre hores es

miren de nou els paràmetres analitzats anteriorment. El paràmetre de sòlids totals no s'analitza ja que l'addició de peròxid d'hidrogen no el fa variar.

Es realitza l'estudi amb dues aigües de diferents composicions per veure'n clarament la viabilitat de l'acció del peròxid d'hidrogen segons els paràmetres inicials.

2.5 ESTUDI D'AIREACIÓ COM A PRETRACTAMENT A LES AIGÜES A DEPURAR

Una aeració prolongada de les aigües residuals proporciona oxigen extra per eliminar les substàncies propenses a ser oxidades químicament que hi ha dissoltes en aquestes aigües residuals. L'aeració permet l'entrada principalment de nitrogen i oxigen gas que es transformaran en bombolles dins les aigües residuals i acabaran sortint a l'exterior. Amb aquest recorregut, l'oxigen procedent de l'aire fa oxidar la matèria orgànica, oxidar metalls pesats (en cas que n'hi hagi) i fins i tot eliminar algun VOC (Compost Orgànic Volàtil).

En aquest estudi es mira la viabilitat d'airejar les aigües dels dos tancs d'homogeneització per tal que les aigües a depurar tinguin una càrrega de DQO inferior i així tenir un rendiment més alt en el procés de depuració. En aquest estudi només es mirarà el paràmetre de DQO ja que com que només s'introdueix aire dins la mostra, la resta de paràmetres no canvien.

2.5.1 Procediment

S'agafen aproximadament uns 20 litres de mostra del tanc per a poder fer l'estudi. D'aquesta mostra, es fa un anàlisi inicial de la DQO i s'introdueix una mànega d'aire a pressió al seu interior de manera que l'aire estigui en contacte amb la mostra del tanc d'homogeneització en tot moment. Es pren una mostra per analitzar passades 24 hores, 48 hores i 72 hores.

3 **RESULTATS I DISCUSSIÓ**

3.1 **RESULTATS DE LES OBTENCIONS DE MOSTRES D'AIGÜES** **ABOCADES A LA DEPURADORA**

3.1.1 **Resultats de les neteges dels reactors**

Producte	Codi intern	Data recollida	Litres aigua neteja (L)	Freqüència anual producció	Litres neteja anuals (L)
AD-66 X6 WIP	22952	13/10/2015	275	19,90	5473
CONCENTROL-LP FA-511 BR	24427	16/10/2015	100	24,72	2472
E - 177	26478	15/09/2015	480	82,96	39819
E - 77 H	25722	21/09/2015	200	8,29	1658
EMUTROL DFM DV-1 FG	17541	20/09/2015	300	18,26	5479
LP PS-5-333	1432	02/10/2015	700	5,96	4172
MOWITROL PAV-32-8 (45%)	1596	02/10/2015	2150	27,86	59893
MOWITROL-11 CPT-53-1	11820	04/11/2015	1150	14,00	16100
MOWITROL-18 CAV-45/1	21539	17/09/2015	600	28,00	16800
MOWITROL-25 CAV-55-1	25341	09/10/2015	1600	21,14	33819
MOWITROL-4 CAV-45/1 (TECG-14 A-6)	1603	15/10/2015	1050	29,60	31080
PS - 2400	2187	18/09/2015	300	34,29	10286
TRACKTROL LP CF 230-700	27177	23/09/2015	400	33,98	13590
V - 296 ML-10	23413	03/12/2015	950	6,43	6106
VIPLAST-164 ML-10	22764	17/09/2015	500	13,40	6702
VIPLAST-1FLW DQ2	23331	06/10/2015	100	76,67	7667

Taula 3.1: Dades dels productes, data de la recollida de mostres i volums unitaris i anuals de les neteges de cada fabricació de producte.

S'obtenen les dades corresponents als litres d'aigua de neteja un cop s'ha guardat l'aigua que s'ha utilitzat per netejar el reactor. Tots els contenidors on s'emmagatzema l'aigua utilitzada per netejar els reactors tenen una escala graduada amb intervals de 100 litres. A partir d'aquesta escala es pot saber els litres per netejar que s'han utilitzat per a cada producte.

Analitzant les dades obtingudes, es pot veure que en molts dels productes s'utilitza aproximadament uns 500 litres d'aigua per netejar els reactors, menys en el cas de la fabricació dels MOWITROL (polímers). En aquests productes, un cop s'ha finalitzat la seva reacció s'han de filtrar. Això suposa que el filtre que s'ha usat també s'ha de netejar i per tant el consum d'aigua de neteja és el sumatori de l'utilitzat pel reactor i el filtre. Aquest fet fa que el consum d'aigua de neteja en els polímers sigui més elevada que la resta de productes.

La freqüència anual de producció són els cops que es renta el reactor anualment per a cada producte. Aquesta dada s'ha extret fent la divisió següent:

$$\text{Freqüència anual de producció} = \frac{\text{producció anual del producte}}{\text{litres de producte final per cada producció}}$$

Els dos valors per calcular la freqüència anual de producció són proporcionats pel cap de producció de l'empresa. Amb aquest valor se sap quins són els productes que es fabriquen en més freqüència.

Els litres de neteja anuals s'obté amb la següent multiplicació:

$$\text{Litres de neteja anuals} = (\text{Freqüència anual de producció}) \cdot (\text{Litres d'aigua de neteja})$$

Amb aquest paràmetre es pot calcular l'aigua anual utilitzada per netejar cada producte. Veient els resultats obtinguts, es veu clarament que els MOWITROL (polímers) són els productes que consumeixen més aigua, tant per cada neteja com anualment. El producte E – 77 H (resina) també és un dels que consumeix més aigua. A diferència dels polímers, l'E – 77 – H consumeix molta aigua anual a causa de la seva freqüència de fabricació, que és la més elevada de tots els productes de la Taula 3.1.

L'elevada quantitat d'aigua utilitzada especialment per la neteja dels polímers fa que es busquin alternatives de rentat per tal de reduir aquest paràmetre.

Producte	pH	Clorurs (mg/L)	DQO (mg/L)	Sòlids totals (%)	Sòlids totals (Kg)	Color
AD-66 X6 WIP	9,06	2100*	61500	2,38	6,5	Més cru-blanquinós que transparent
CONCENTROL-LP FA-511 BR	4,97	1300*	44000	1,3	1,3	Més blanquinós que transparent
E - 177	6,79	320	6000	0,38	1,8	Més blanquinós que transparent
E - 77 H	7	1800*	62000	2,55	5,1	Blanc-cru
EMUTROL DFM DV-1 FG	7,75	200	6600	0,55	1,7	Molt més transparent que blanc
LP PS-5-333	11,62	180	25000	1,98	13,9	Transparent
MOWITROL PAV-32-8 (45%)	6,71	2800*	216000	4,09	87,9	Blanquinós
MOWITROL-11 CPT-53-1	6,64	360	246000	8,47	97,4	Blanc-cru
MOWITROL-18 CAV-45/1	4,54	3200*	146000	8,25	49,5	Blanc
MOWITROL-25 CAV-55-1	6,76	300	15800	1,67	26,7	Més blanquinós que transparent
MOWITROL-4 CAV-45/1 (TECG-14 A-6)	6,15	2540*	47000	3,28	34,4	Blanc
PS - 2400	6,31	110	10800	0,44	1,3	Més transparent que blanquinós
TRACKTROL LP CF 230-700	7,65	640	7000	1,24	5,0	Més blanc-cru que transparent
V - 296 ML-10	7,1	-	96000	4,43	42,1	Més blanc-rosat que transparent
VIPLAST-164 ML-10	6,14	1200	54000	2,97	14,9	Blanquinós
VIPLAST-1FLW DQ2	7,2	1360*	55000	2,26	2,3	Més blanquinós que transparent

Taula 3.2: Resultats dels anàlisis de les mostres procedents de les neteges de la fabricació dels productes.

El pH de les mostres analitzades té una tendència a ser neutre. No totes les mostres s'ajusten a aquest valor, sinó que algunes tenen un pH més àcid com ho serien el CONCENTROL-LP FA-511 BR i el MOWITROL-18 CAV-45/1; i n'hi ha que tenen

un pH més bàsic, com ho serien l'AD-66 X6 WIP o el LP PS-5-333. Aquest paràmetre no suposa un problema ja que, quan aquestes aigües de neteja arriben al tanc d'homogeneïtzació, el pH queda dins els paràmetres establerts.

Es pot apreciar que en la columna dels clorurs hi ha valors que tenen un asterisc al seu costat. Quan es realitza l'anàlisi dels clorurs, el vial d'anàlisi queda taronja si es té una gran quantitat de clorurs o transparent en cas que la seva concentració sigui baixa. Els productes que tenen un asterisc en el seu anàlisi indica que probablement la seva anàlisi és errònia ja que el vial d'anàlisi no queda de color taronja però en la seva lectura s'obté un valor elevat de clorurs. Com que el vial d'anàlisi no és taronja es pot dir que la mostra no conté clorurs tot i el valor obtingut en la lectura.

Els valors que són correctes i que per tant no tenen cap asterisc són valors relativament baixos, i per tant aquest paràmetre no suposa un problema per l'abocament.

Els valors que sorprenen més són els de la DQO per la seva gran variabilitat. Des de resines o coles amb un valor relativament baix (6000 – 7000 mg O₂/L) fins als polímers o recobriments alimentaris (MOWITROL i VIPLAST) amb valors més grans de 50000 i 200000 mg O₂/L, respectivament. En les primeres anàlisis no es coneix la DQO d'algunes de les mostres i les lectures estan fora dels límits dels kits d'anàlisi. Acte seguit es preparen dilucions per a poder aconseguir tenir una lectura adient. Les mostres on s'han fet dilucions són polímers, recobriments alimentaris, desemmotllants i dispersions de resina i silicona.

L'alt valor de la DQO dels polímers i dels recobriments alimentaris afecten al funcionament de la depuradora ja que aquesta ha de treballar amb més intensitat per eliminar aquesta Demanda Química d'Oxigen. Amb aquesta situació, es busquen processos i actuacions per tal d'intentar reduir aquesta DQO i millorar el la qualitat de l'aigua després del tractament de la depuradora.

Com que el que s'ha analitzat en aquest apartat són aigües de neteja, els seus sòlids totals no són relativament molt elevats en comparació a altres substàncies. Tot i així es poden veure aigües on el percentatge de sòlids presents és de més del 8%, valor molt elevat pel fet de tractar-se d'una aigua. Els valors més elevats es donen de nou en

polímers i recobriments alimentaris (MOWITROL i VIPLAST). Com més sòlids totals té una aigua a depurar, més costarà dur a terme aquest procés.

El paràmetre de sòlids totals s'obté de la següent manera:

$$\text{Sòlids totals (Kg)} = (\text{Sòlids totals (\%)}) \cdot (\text{Litres d'aigua de neteja})$$

Com que no se sap quina és la proporció de producte i aigua cada cop que hi ha una neteja no es pot saber amb exactitud quina és la densitat de la mescla. Per saber la quantitat de sòlids totals que hi ha en cada neteja s'usa de manera aproximada la densitat de l'aigua ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) per poder passar de volum de neteja a quilograms d'aigua de neteja.

Amb aquest valor es calcula la quantitat de sòlids totals que s'aboquen a la depuradora. Els polímers i recobriments alimentaris (MOWITROL i VIPLAST) són els que més sòlids aboquen per cada neteja que es fa. Aquestes dades donen peu a buscar mètodes per evitar que aquesta quantitat de sòlids sigui abocada a la depuradora.

Tot i tractar-se d'aigües, en molt pocs productes s'ha donat el cas que l'aigua de neteja sigui incolora. Molts d'ells tenen un baix grau de terbolesa que fan que la mostra en alguns casos sigui difícil d'analitzar. Aquest baix grau de terbolesa afecta al color de les aigües dels tancs d'homogeneïtzació, que molt sovint té el color de les neteges que s'han fet.

A l'apartat 2.2 s'especifica que en total es duen a terme sis anàlisis de cada mostra. En aquest apartat no s'ha estudiat la conductivitat de les mostres ja que es pot malmetre el sensor del conductímetre a causa dels solvent que hi pot haver a les mostres. Tots aquests productes estudiats no contenen sals, per tant la seva conductivitat és baixa.

3.1.2 Resultats de la purga de la caldera

Litres anuals	499200
pH	10,62
Clorurs (mg / L)	1560
Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	1687
DQO (mg O₂ / L)	298
Sòlids totals (%)	0,53
Color	Molt més transparent que marró

Taula 3.3: Resultats de l'anàlisi de les aigües procedents de les purgues de la caldera.

Els resultats obtinguts en l'anàlisi són els propis d'una purga de caldera: conductivitat i pH alts i DQO i sòlids totals baixos. La presència de sals en la purga per evitar les incrustacions al sistema de la caldera fan que la conductivitat sigui elevada.

La caldera és un aparell que està en funcionament 24 hores durant la setmana. A causa del seu funcionament genera unes purgues automàtiques i programades cada 6 minuts. Aquest fet fa que al cap de l'any s'aboqui molta aigua provinent de la caldera a la depuradora. És un cabal a tenir en compte degut al seu volum però no és un cabal que sigui problemàtic ja que cap dels seus valors és molt crític.

3.1.3 Resultats del rebuig d'osmosi

Litres anuals	1000000
pH	8,56
Clorurs (mg / L)	760
Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	1507
DQO (mg O₂ / L)	156
Sòlids totals (%)	0,62
Color	Transparent

Taula 3.4: Resultats de l'anàlisi de les aigües procedents del rebuig d'osmosi.

Els resultats obtinguts en l'anàlisi són els propis d'un rebuig d'osmosi: conductivitat elevada i DQO i sòlids totals baixos. Com que el rebuig en el procés d'osmosi reté els ions que porta l'aigua, la conductivitat en aquesta mostra és elevada.

El sistema d'osmosi és un aparell que funciona puntualment quan es necessita més demanda d'aigua osmotitzada, però aquesta demanda és molt constant. Això provoca que l'equip d'osmosi estigui en funcionament moltes hores i que generi un cabal de rebuig molt elevat. Com el cabal de les purgues de la caldera de l'apartat 3.1.2, és un cabal que s'ha de tenir en compte degut al seu gran volum però no és un cabal crític ja que cap dels seus valors és problemàtic.

3.1.4 Resultats del procés de fabricació de resines

Litres anuals	18000
pH	-
Clorurs (mg / L)	-
Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	-
DQO (mg O₂ / L)	> 150000
Sòlids totals (%)	86
Color	Marró fosc

Taula 3.5: Resultats de l'anàlisi de les aigües olives procedents del procés de fabricació de resines.

En aquesta taula no hi ha valors dels paràmetres de pH, clorurs i conductivitat ja que al tractar-se d'un oli no s'han pogut fer aquestes mesures.

Amb els valors obtinguts, es pot dir que el subproducte obtingut és pràcticament un oli ja que els sòlids totals són molt elevats. Això vol dir que en l'anàlisi efectuat, tota l'aigua s'ha evaporat i només hi ha quedat la part no evaporada (oli). També ho marca la DQO, que dona un valor superior a 150000 i veient els resultats de l'anàlisi efectuat aquest valor podria ser realment del doble o el triple.

Amb les característiques d'aquest subproducte estudiades, es veu que no té les característiques d'una aigua i per tant no és gens recomanable que acabin a la depuradora. D'aquí es plantegen alternatives perquè aquest producte sigui tractat de tal manera que no pugui arribar a la depuradora en cap moment.

3.1.5 Resultats del tanc d'homogeneïtzació

Els resultats dels paràmetres analitzats en les mostres provinents dels tancs d'homogeneïtzació es troben a l'annex 1. A la Taula 3.6 es troben els valors mitjans de totes les mostres analitzades:

pH	7,38
Clorurs (mg / L)	2175
Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	2377
DQO (mg O₂ / L)	24027
Sòlids totals (%)	1,44

Taula 3.6: Valors mitjans dels resultats dels anàlisis de les aigües procedents dels tancs d'homogeneïtzació.

D'aquestes dades es veu que la Demanda Química d'Oxigen és el paràmetre que sobresurt més en comparació als límits establerts per l'ACA esmentats a la Taula 1.1. Els altres tres paràmetres es troben dins els límits establerts.

Els sòlids totals presents a les aigües del tanc d'homogeneïtzació són valors lleugerament elevats pel fet de ser aigües. Això suposa que la matèria a tractar al decantador sigui elevada i que es plantegin alternatives per reduir aquest percentatge de sòlids totals que entra dins el tanc d'homogeneïtzació per aconseguir una millor qualitat de l'aigua de sortida.

3.1.6 Resultats de la sortida de la depuradora

Els resultats dels paràmetres analitzats en les mostres provinents de l'abocament de les aigües depurades es troben a l'annex 2. A la Taula 3.7 es troben els valors mitjans de totes les mostres analitzades:

pH	8,33
Clorurs (mg / L)	2215
Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	4612
DQO (mg O₂ / L)	1352

Taula 3.7: Valors mitjans dels resultats dels anàlisis de les aigües un cop fet el procés de depuració.

En totes les mitjanes obtingudes dels anàlisis a la sortida de la depuradora es compleixen els límits d'abocament establerts per l'ACA explicats a la Taula 1.1. S'observa que els clorurs i la DQO estan per sota el límit establert però amb un marge molt reduït.

Es creia que la conductivitat de les aigües de sortida era tant elevada a causa de les purgues de la caldera i el rebuig d'osmosi per la seva gran quantitat de sals. Els resultats de la Taula 3.3 i la Taula 3.4 corresponents als anàlisis de la purga de la caldera i del rebuig d'osmosi es descarta aquest origen.

Per tant, es pot afirmar que l'augment de la conductivitat és degut a l'addició del coagulant dins el decantador (policlorur de ferro (III) i alumini), un producte ric en sals que fa augmentar la conductivitat. Aquesta conclusió s'obté fent la comparació de la conductivitat en els tancs d'homogeneïtzació i a la sortida de la depuradora. Aquest paràmetre augmenta quan es duu el procés de depuració.

El poc marge de la DQO obtinguda a la sortida de la depuradora respecte el seu límit d'abocament juntament amb la DQO obtinguda als tanc d'homogeneïtzació (també elevada), fan que es plantegin trobar solucions i alternatives per a poder reduir la Demanda Química d'Oxigen en les aigües abocades per així poder treballar amb rangs de DQO més distants als límits marcats per la legislació vigent.

3.2 PROPOSTES PER LA MINIMITZACIÓ DE LA GENERACIÓ D'AIGÜES DE NETEJA I CONTAMINANTS

3.2.1 Instal·lació de sistemes alternatius per a la neteja dels reactors

Tot i que els processos de neteja dels reactors estan estipulats i optimitzats, es consumeix anualment molta quantitat d'aigua per a dur a terme aquest procés. Com s'ha explicat a l'apartat 2.1.1, les neteges dels reactors es duen a terme amb una pistola a pressió que els operaris usen per netejar el reactor. Aquesta fase no és sempre constant ni se sap amb exactitud els litres de rentat que s'usen a cada rentada ja que els operaris no netegen sempre amb les mateixes condicions i el producte a netejar tampoc es comporta de la mateixa manera.

Amb els valors obtinguts de la Taula 3.1, es pot veure que els processos que consumeixen més aigua de neteja són les neteges de polímers i recobriments alimentaris. Aquests també són a la vegada els més complicats de netejar a causa de la seva viscositat: són productes que s'incrusten fàcilment a les parets dels reactors i això suposa un increment d'aigua de neteja per tal que els reactors quedin nets.

Aquest valor es podria reduir considerablement o que arribés a ser nul fent servir els següents sistemes de rentat:

3.2.1.1 Capçals de neteja automàtics i rotatius

Aquests equips són sistemes de rentat programats amb l'objectiu de consumir poca aigua. Estan formats per un tub de suport que està instal·lat a la part superior del reactor. Al final d'aquest tub de suport s'hi troba el capçal rotatiu, que gira automàticament degut a la pressió de l'aigua que aquest mateix emet. Aquest sistema de rentat abasten la totalitat de l'interior del tanc i fan que es pugui netejar qualsevol lloc.



Imatge 3.1: Part final del tub de suport i capçal rotatiu.

Funcionen expulsant aigua per els orificis a una elevada pressió i fan que es pugui netejar el reactor amb un consum menor d'aigua en comparació al de les pistoles d'aigua a pressió. Amb la instal·lació d'aquest sistema de rentat en els reactors on es fabriquen els productes que consumeixen més aigua, que són bàsicament polímers, es reduiria considerablement aquest cabal de rentat.

A aquest sistema de rentat li cal una bomba que tingui suficient pressió perquè l'aigua surti amb prou força per poder netejar el reactor. Si l'aigua no surt a suficient pressió, aquesta no arriba a les parets del reactor amb la força necessària per poder netejar les parets.

La pressió de treball habitual en aquests sistemes de rentat és de 200 bars. En el moment de la instal·lació d'aquest sistema de rentat, caldrà fer un ajust més acurat de la pressió de treball necessària per a poder eliminar correctament les brutícies de les parets dels reactors.

El valor mitjà d'aigua de rentat dels polímers i recobriments alimentaris es considera que és de 1000 litres. Utilitzant el sistema explicat durant deu minuts amb un cabal de 50 litres/minut (suficient temps com perquè el reactor quedi net), s'obtindrien unes reduccions de cabal de d'aigua mitjanes del 50%.

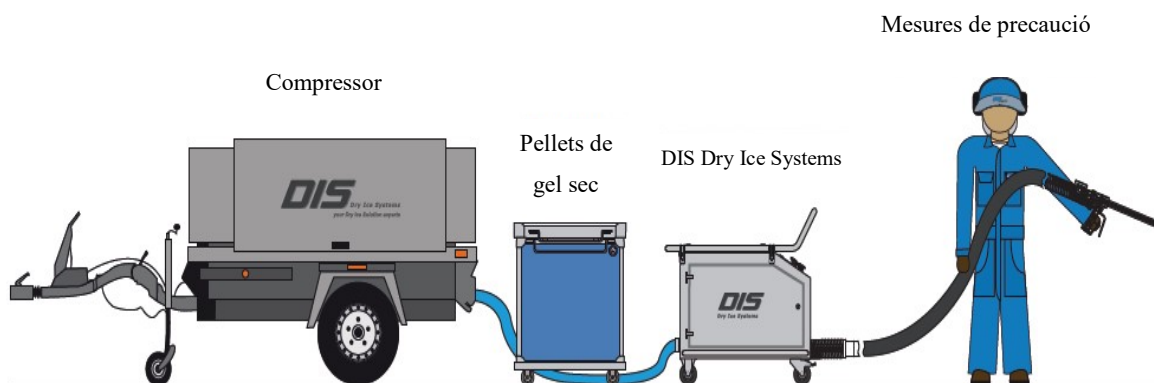
3.2.1.2 Neteja criogènica

Aquest tipus de neteja es basa en utilitzar pellets de CO₂, més conegut com gel sec. El funcionament és semblant al d'una pistola d'aigua a pressió però enlloc de sortir-hi aigua hi surt gel sec. Quan els pellets es troben en contacte amb la superfície a netejar, aquests sublimen instantàniament a causa del xoc. Amb la força del xoc, la matèria es desincrusta de la superfície de manera que el residu que s'obté només és la brutícia de les parets del reactor.

Aquest sistema elimina totalment l'ús d'aigua per netejar els reactors i el residu que s'obté es pot tractar com a banal sense haver de tractar-se posteriorment a la

depuradora. D'aquesta manera, s'evita que cabals amb alta concentració de DQO arribin als tancs d'homogeneïtzació, facilitant-ne així el posterior treball de depuració.

Per a poder utilitzar aquest tipus de neteja cal una instal·lació prèvia i per tant un cost econòmic per a poder-la instal·lar. El sistema està compost d'un compressor per poder obtenir l'aire a pressió que dispara els pellets de gel sec; un contenidor tèrmic per emmagatzemar els pellets, un equip de neteja criogènica i mesures de precaució per els operaris en el moment d'usar aquest sistema de neteja com serien protectors auditius, ulleres de seguretat, guants de treball i roba adient per dur a terme aquesta tasca de neteja.



Imatge 3.2: Conjunt d'equips que formen la instal·lació d'una neteja criogènica

L'aplicació d'aquesta tècnica és molt atractiva de cares a reduir els cabals més contaminants que arriben a la depuradora. Per a poder valorar adequadament l'ús d'aquesta tècnica, caldria fer uns assaigs amb un proveïdor especialitzat a fi de poder determinar els costos i els guanys de l'ús d'aquesta tecnologia. En cas que fos favorable, es pot plantejar la compra d'aquest equip o que puntualment aquest proveïdor especialitzat realitzi neteges profundes establertes periòdicament per tal que els reactors quedin nets.

Aplicant el sistema de neteja explicat, s'obtidria una reducció del 100% en cabals de neteja dels reactors.

3.2.2 Resultats de l'estudi de diferents floculants per a una millor decantació en les aigües de neteja dels productes més contaminants

El resultat obtingut després d'analitzar la DQO de la mostra inicial formada per una mescla en igual proporció de VIPLAST-296 ML-10 i MOWITROL-4 CAV-45/1 (TECG-14 A-6) és de 160000 mg O₂ / L. Aquest valor de Demanda Química d'Oxigen és molt elevada ja que la mescla a analitzar és un polímer.



Imatge 3.3: Mostra inicial de l'estudi

En total s'utilitzen 10 floculants diferents per realitzar aquest estudi. Aquests floculants són d'espècies químiques diferents, que a continuació es detallen:

Floculant	Espècie química
PeQu - P133	Poliacrilamida aniònica d'alt pes molecular
PeQu - PL131	Poli-DADMAC
EM 640 MEB	Poliacrilamida catióniques d'alt pes molecular
EM 840 MEB	Poliacrilamida catióniques d'alt pes molecular
NF 920 SH	Poliacrilamida no iònica d'alt pes molecular en forma de pols
ZETAG 8818	Poliacrilamida catiónica d'alt pes molecular
ZETAG 4145	Poliacrilamida aniònica en forma de pols
Magnafloc LT20	Poliacrilamida no iònica entre mig i alt pes molecular en forma de pols
AF 934 SH	Poliacrilamida aniònica d'alt pes molecular en forma de pols
ZETAG 9016	Poliacrilamida catiónica de pes molecular mig

Taula 3.8: Especificació de l'espècie química de cada floculant.

Com es pot veure a la Taula 3.8, els floculants que hi són més presents són les poliacrilamides. En anteriors proves efectuades per l'empresa, es varen provar diverses espècies químiques com poliaetilenamines, poli-DADMACs, poliamines i poliacrilamides. El resultat va ser negatiu en els tres primers compostos químics i molt favorable en l'últim compost químic. Sabent aquesta informació, es realitzen els assaigs amb poliacrilamides amb la certesa que és la millor família de compostos químics per obtenir bons resultats.

Seguint els passos esmentats a l'apartat 2.3.1, s'obté la següent taula de valors per els diferents floculants provats:

Floculant	Mostra inicial (g)	pH inicial	Coagulant (g)	pH	Ca(OH) ₂ (g)	pH	Floculant (g)	Sedimentació
PeQu - P133 (0,1%)	400	6,83	3,79	2,88	15,18	8,45	69	No
PeQu - PL131	400,3	7,13	3,98	2,87	25,36	8,42	15,41	No
PeQu - PL131.2	400	7,05	3,92	2,82	25,85	8,47	11,32	No
EM 640 MEB	400,2	7,04	3,82	2,89	17,92	8,48	1,96	No
EM 840 MEB	400,3	7,12	3,89	2,91	18,82	8,59	0,77	Sí
NF 920 SH (0,15%)	400,1	7,31	3,91	2,9	21,38	8,47	44,58	Sí
ZETAG 8818	399,9	7,51	3,89	2,85	18,26	8,53	4,18	No
ZETAG 4145 (0,15%)	399,85	6,96	3,9	2,96	18,4	8,47	25,56	No
Magnafloc LT20 (0,15%)	400,3	7,03	4,05	2,96	18,58	8,53	20,92	No
AF 934 SH (0,15%)	400,15	7,04	4,11	2,95	18,05	8,53	25,05	Sí
ZETAG 9016	400,25	7,05	4,28	2,93	20,38	8,45	2,9	No

Taula 3.9: Resultats dels anàlisis de les proves amb diferents floculants.

Els resultats obtinguts mostren que es segueixen les pautes esmentades a l'apartat 2.3.1. Com es pot veure, la mostra inicial és sempre aproximadament de 400 grams, la segona mesura de pH és sempre inferior a 3 i la última lectura de pH està al voltant de 8,5. Veient les quantitats de coagulant, ajustador de pH (Ca(OH)₂) i pH inicial, es pot arribar

a la conclusió que sempre s'ha tractat amb la mateixa mostra i aquesta no ha variat durant les proves que s'han fet.

Es pot observar que hi ha floculants que van acompanyats d'un percentatge. Aquests són els que estan en forma de pols i s'ha de fer una dilució. El percentatge marca la quantitat de floculant que s'ha addicionat. Els floculants que no tenen cap percentatge estan en forma líquida.

La penúltima columna mostra l'addició de floculant de cada prova realitzada. Es pot veure que els floculants actuen de manera molt diversa i que la quantitat addicionada és molt diferent segons l'espècie. Per exemple, hi ha una gran diferència entre el PeQu – P133 on s'addicionen 69 grams i l'EM 840 MEB on s'addicionen 0,77 grams.

Aquesta penúltima columna no és la que marca quin és el millor floculant, si no que ho marca la sedimentació que el floculant provoca en la mostra com es pot veure en la última columna. Segons l'anàlisi visual que es realitza a totes les mostres s'arriba a la conclusió que els floculants que provoquen una sedimentació més addient són l'EM 840 MEB, l'AF 934 SH i el NF 920 SH. A continuació es poden veure les imatges de la sedimentació d'aquests tres floculants. La resta d'imatges dels altres floculants es troben a l'annex 3.



Imatge 3.5: Temps inicial de la sedimentació amb el floculant EM 840 MEB



Imatge 3.4: Temps final de la sedimentació amb el floculant EM 840 MEB



Imatge 3.7: Temps inicial de la sedimentació amb el floculant AF 934 SH



Imatge 3.6: Temps final de la sedimentació amb el floculant AF 934 SH



Imatge 3.9: Temps inicial de la sedimentació amb el floculant NF 920 SH



Imatge 3.8: Temps final de la sedimentació amb el floculant NF 920 SH

Amb les imatges es tria com a millor floculant l'*EM 840 MEB* ja que és el que provoca una millor sedimentació i és el que menys producte usa dels tres. Dels floculants *EM 840 MEB* i *AF 934 SH* es va aconseguir separar la mostra depurada dels fangs i es va analitzar aquesta aigua. Els resultats obtinguts són:

Floculant	pH	DQO (mg O ₂ / L)	Clorurs (mg / L)	Conductivitat (μS·cm ⁻¹)	Reducció DQO (%)
EM 840 MEB	8,23	8600	2100	3163	94,625
AF 934 SH (0,15%)	7,97	15000	2440	2059	90,625

Taula 3.10: Resultats de les aigües depurades dels millors floculants.

Es pot concloure que ambdós floculants són molt efectius en quant a la reducció de la DQO ja que el percentatge de reducció és superior al 90%. També s'obtenen aigües que no sobrepassen els límits establerts per el decret vigent en els paràmetres de pH, conductivitat i clorurs, cosa que indica que la seva actuació en el procés de depuració és molt favorable. Degut a l'alt contingut de sòlids de la mostra inicial, el que no s'obtenen són aigües depurades transparents.

Amb el floculant que s'usa actualment, el PeQu - P133, s'aprecia una sedimentació que no és adient per poder decantar la mostra inicial. En canvi, amb els dos floculants que se n'ha extret una mostra de l'aigua depurada s'observa una millor decantació.

Com s'ha explicat anteriorment en aquest treball, totes les aigües residuals (neteja dels reactors, purgues de caldera, rebuig d'osmosi,...) van a parar al tanc d'homogeneïtzació per a un posterior procés de depuració. En aquest tanc hi arriben tots els efluent que s'han de depurar.

A la depuradora hi ha dos tancs de 55 m³ de capacitat. Normalment només s'utilitza un d'ells i l'altre es té buit per cas d'emergència si el primer està ple. En aquest apartat es proposa fer una separació d'aigües entre els dos tancs per tal d'obtenir una millor depuració. En un dels dos tancs s'hi abocarien les aigües més crítiques que s'han caracteritzat en aquest projecte, que són bàsicament polímers i recobriments alimentaris, i es tractarien amb el floculant EM 840 MEB un cop estiguessin al decantador. A l'altre tanc d'homogeneïtzació s'hi abocarien la resta d'efluents i es tractarien amb el floculant que s'utilitza actualment, el PeQu-P133.. D'aquesta manera, la depuradora utilitzaria dos floculants diferents en funció de la tipologia d'aigües residuals a tractar.

3.2.3 Proposta de la filtració d'aigües de neteja com a pretractament a les aigües a depurar

Després d'obtenir i analitzar els valors de la Taula 3.2, es pot veure clarament que les aigües de neteja dels polímers i recobriments de formatges i embotits (MOWITROL i VIPLAST) són els que tenen un percentatge de sòlids totals més elevat en comparació a les altres aigües de neteja. Aquestes aigües carregades de sòlids totals són abocades en contenidors i posteriorment enviades a la depuradora com s'ha explicat anteriorment.

Una gran quantitat de sòlids presents a les aigües de neteja provoca dos efectes negatius de cares a la gestió, transport i rendiment de la depuradora:

- Unes aigües molt carregades de sòlids totals provoquen que aquests es vagin acumulant al fons dels contenidors abans no són abocats a la depuradora. Això fa que els sòlids quedin retinguts a dins dels contenidors i sigui complicat eliminar-los a mesura que passa el temps. Per poder extreure'ls cal aigua a pressió perquè puguin sortir i això suposa una despesa d'aigua que no seria necessària en cas que no hi hagués tants sòlids.
Aquest efecte també provoca que els contenidors perdin capacitat per a poder emmagatzemar aigües de neteja ja que cada vegada hi ha més sòlids acumulats, fent que s'hagin d'utilitzar més contenidors per poder-hi abocar les aigües de neteja dels reactors.
- Els sòlids totals que no són retinguts al contenidor arriben a la depuradora juntament amb les aigües de neteja. Si les aigües que s'han de tractar contenen molts sòlids provocarà que la matèria a tractar a la depuradora sigui major. Això tindrà un impacte en els fangs generats: com més sòlids totals tinguin les aigües a tractar, més fangs hi haurà al final del procés de depuració. Això provoca un impacte econòmic ja que aquests fangs s'han de gestionar.

Per aquest motiu, es planteja filtrar les aigües de neteja dels productes que tinguin un percentatge de sòlids més elevat, que bàsicament són polímers i recobriments alimentaris. Aquest filtre es col·locaria a la boca del reactor per comunicar amb la part superior del dipòsit d'emmagatzematge de les aigües de neteja. Amb aquest filtre es disminuirien els efectes dels dos punts explicats anteriorment en aquest apartat.

3.2.4 Resultats de l'estudi del peròxid d'hidrogen com a pretractament a les aigües a depurar

3.2.4.1 *Primer estudi de l'ús de peròxid d'hidrogen en aigües dels tancs d'homogeneïtzació*

En l'anàlisi de la mostra extreta del tanc d'homogeneïtzació per a realitzar l'estudi d'aquest apartat dona com a valors els expressats en la següent taula:

Mostra	Tanc d'homogeneïtzació
pH	7,03
Clorurs (mg / L)	1360
Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	2141
DQO (mg O ₂ / L)	31500
Sòlids totals (%)	1,88
Color i grau de terbolesa	Més blanc que transparent

Taula 3.11: Resultats de les anàlisis de la mostra abans del tractament.

Un cop es tenen els valors inicials, es procedeix a realitzar l'estudi segons s'ha explicat en l'apartat 2.4.1. El primer estudi de la viabilitat d'usar peròxid d'hidrogen i llum ultraviolada en les aigües dels tancs d'homogeneïtzació s'obtenen els següents resultats:

	Mostra	Mostra 1	Mostra2	Mostra 3
	Aigua tractada (g)	150	150	150
	% H ₂ O ₂ (m/m)	1,00	2,00	5,03
1 hora	pH	6,86	6,81	6,85
	Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	1958	1921	1860
	DQO (mg O ₂ / L)	28500	33300	33900
24 hores	pH	6,76	6,62	6,64
	Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	1948	1944	1899
	DQO (mg O ₂ / L)	29700	31200	30300

Taula 3.12: Resultats del primer estudi d'usar peròxid d'hidrogen en les aigües dels tancs d'homogeneïtzació

Es pot veure clarament que el paràmetre de conductivitat es veu reduït quan s'addiciona peròxid d'hidrogen en comparació a la mostra inicial. El que no s'observa és un canvi significatiu segons la quantitat de peròxid d'hidrogen que s'addiciona ni al cap d'una hora ni al cap de 24 hores. Aquest valor no hauria de canviar massa entre aquests dos intervals de temps.

En totes les mostres s'observa que el pH disminueix si s'afegeix peròxid d'hidrogen a la mostra. També es veu que com més peròxid d'hidrogen s'afegeix, més disminueix el pH de cada una de les mostres.

En quant a la DQO, es pot veure que passada una hora de l'addició, aquest paràmetre no disminueix, sinó que augmenta. Tot i així, passades 24 hores es veu com aquest paràmetre disminueix, i ho fa de manera més significativa en les mostres que s'hi ha addicionat més peròxid d'hidrogen.

L'objectiu d'aquest estudi és reduir la matèria orgànica present en els tancs d'homogeneïtzació. Com que la DQO de la mostra inicial és molt elevada, la quantitat de peròxid d'hidrogen que s'hi addiciona no és suficient com per reduir la demanda química d'oxigen. Es podria realitzar el mateix estudi addicionant més quantitat de peròxid d'hidrogen, però resultaria inviable econòmicament a nivell industrial.

3.2.4.2 Segon estudi de l'ús de peròxid d'hidrogen en aigües dels tancs d'homogeneïtzació

Aquest segon estudi s'utilitza com a mostra inicial les aigües airejades de l'estudi d'aeració. Aquestes aigües tenen una DQO menys elevada que la del primer estudi per tant l'actuació del peròxid d'hidrogen hauria de ser més efectiva. En l'anàlisi de la mostra d'aigua per a realitzar l'estudi d'aquest apartat dona com a valors els expressats en la següent taula:

Mostra	Aigües finals de l'estudi d'aeració
pH	3,91
Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	3362
DQO ($\text{mg O}_2 / \text{L}$)	19400
Color i grau de terbolesa	Més cru-marronós que transparent

Taula 3.13: Resultats de les anàlisis de la mostra inicial abans del tractament del segon estudi.

Els paràmetres de sòlids totals i clorurs no s'han analitzat ja que aquests no varien durant l'estudi.

Un cop es tenen els valors inicials, es procedeix a realitzar l'estudi segons s'ha explicat en l'apartat 2.4.1. En aquest segon estudi, el temps d'anàlisi de les mostres són diferents als del primer estudi. L'actuació del peròxid d'hidrogen per a oxidar la matèria orgànica teòricament és ràpida, per tant la DQO de la mostra hauria de baixar en els primers instants després de l'addició. Seguint aquest concepte, es decideix en aquest estudi realitzar els anàlisis en un temps inferior que el del primer estudi.

El segon estudi de la viabilitat d'usar peròxid d'hidrogen i llum ultraviolada en les aigües dels tancs d'homogeneització s'obtenen els següents resultats:

	Mostra	Blanc	Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3
	Aigua tractada (g)	150,04	149,87	149,93	150,2
	% H ₂ O ₂ (m/m)	0	1,01	1,99	4,99
1 hora	pH	3,71	3,03	3,06	3,08
	Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	3298	3288	3259	3141
	DQO	16200	11800	13500	17600
6 hores	pH	3,68	3,09	3,01	3,1
	Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	3265	3296	3248	3189
	DQO	16200	16200	15700	15300

Taula 3.14: Resultats del segon estudi d'usar peròxid d'hidrogen en les aigües dels tancs d'homogeneïtzació

En aquest estudi s'hi afegeix una mostra sense addició de peròxid d'hidrogen per veure'n clarament els resultats obtinguts.

Es pot veure clarament que el paràmetre de conductivitat es veu reduït respecte la mostra inicial, tant si s'hi afegeix peròxid d'hidrogen com quan no. Igual que el primer estudi, la conductivitat és més petita per a un mateix temps com més peròxid d'hidrogen s'hi ha addicionat. El que no s'observa és un canvi igual per a totes les mostres segons el percentatge de peròxid d'hidrogen que s'addiciona ni al cap d'una hora ni al cap de 6 hores. Hi ha mostres que passat aquest temps augmenta la conductivitat (mostra 1 i mostra 3) i n'hi ha que el paràmetre es veu reduït (blanc i mostra 2)

En totes les mostres analitzades s'observa que el pH disminueix en comparació a la mostra inicial. A les mostres on s'afegeix peròxid d'hidrogen encara es veu reduït més. Aquest paràmetre no varia significativament amb el pas del temps per a una mateixa mostra.

El paràmetre que presenta més incògnites és la DQO. Es pot veure que passada una hora, en totes quatre mostres el valor es redueix respecte l'inicial. La mostra que es veu més afectada és la mostra 1, amb una reducció de casi el 40%. Tot i aquest fenomen,

passades 6 hores totes les mostres presenten una DQO més elevada que passada una hora menys la mostra 3. Amb les dades obtingudes, es pot dir que la tècnica analítica amb kits no és prou exacta ni sensible per diferenciar valors de DQO tant elevats. Totes les anàlisi de DQO d'aquestes mostres s'han realitzat amb dilucions i això fa que l'error de la lectura pugui ser major. Com es pot veure, aquests resultats no tenen cap tendència ni es pot establir una relació entre ells.

El peròxid d'hidrogen és un bon oxidant per a aigües contaminades amb una DQO amb poc contingut de matèria orgànica i per a aquelles que tenen matèria orgànica de caràcter biològic. Com que en aquest estudi els valors inicials són molt elevats i la procedència de les aigües és de productes químics, es pot concloure que el peròxid d'hidrogen no és eficient per reduir la DQO en els tancs d'homogeneïtzació.

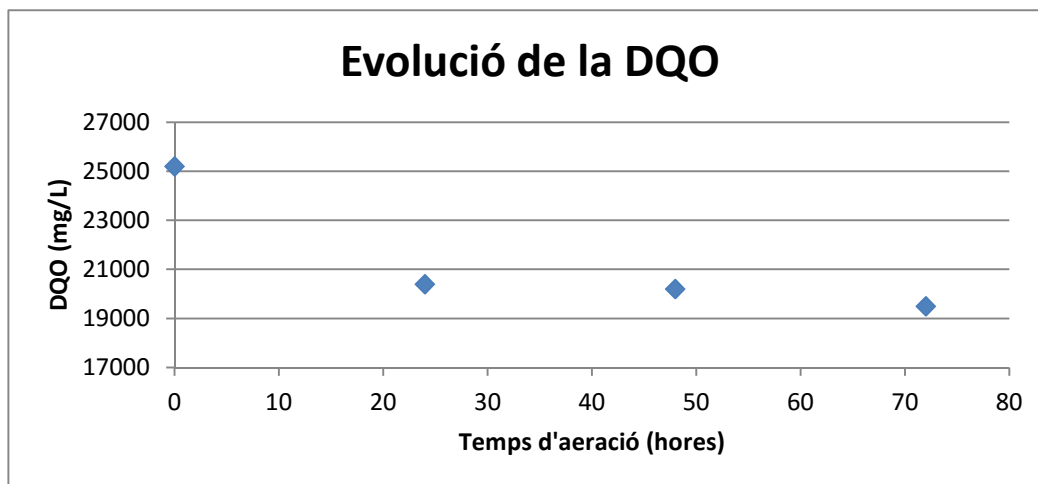
3.2.5 Resultats de l'estudi d'aeració com a pretractament a les aigües a depurar

Els resultats obtinguts després d'analitzar la DQO en cada una de les mostres extretes són els expressats a la Taula 3.15:

Temps d'aeració	DQO (mg O ₂ / L)	% Eliminació de DQO	% Eliminació / temps d'aeració
Inicial (0 hores)	25200	-	-
24 hores	20400	19,05	0,794
48 hores	20200	19,84	0,413
72 hores	19500	22,62	0,314

Taula 3.15: Resultats de les DQO de les mostres airejades.

S'observa clarament que un sistema d'aeració redueix la Demanda Química d'Oxigen ja que aquest aporta oxigen extra a les aigües dels tancs d'homogeneïtzació i fa que s'oxidin les matèries més propenses a ser oxidades. A continuació es pot veure la Imatge 3.10 referent a la variació de la DQO en funció del temps:



Imatge 3.10: Evolució de la DQO de la mostra en funció del temps.

En total s'ha arribat a uns resultats de disminució del 22,62% de DQO, però en les primeres 24 hores és on hi ha hagut l'eliminació de DQO més elevada (19,05%). Aquest fet fa que les posteriors 48 hores només s'hagi reduït només un 3,57%. Es veu doncs que és molt més efectiu aplicar un sistema d'aireig que duri 24 hores en comptes de 72 hores en quant al paràmetre rendiment/temps. Aquesta reducció total de la DQO permet un millor procés de depuració al tanc de decantació i una ajuda per poder assolir els paràmetres d'abocament permesos. Aquest paràmetre s'ha extret de la divisió següent:

$$\% \text{ Eliminació de DQO} / \text{ temps d'aeració} = \frac{\% \text{ Eliminació de DQO}}{\text{Temps aeració}}$$

Els resultats obtinguts són positius ja que es compleix l'objectiu de l'estudi: un sistema d'aireig afavoreix la reducció de la DQO dels tancs d'homogeneïtzació.

Amb aquesta conclusió, es planteja traslladar el sistema que s'ha muntat (que s'explica a continuació) als tancs d'homogeneïtzació. Aquest sistema on s'ha realitzat l'estudi es pot optimitzar fàcilment per obtenir rendiments més elevats:

- Disseny d'entrada d'aire: L'estudi s'ha fet introduint una mànega dins un tanc de 25 litres. Si el sistema d'aireig es realitza des del fons del tanc, les bombolles d'oxigen tenen més recorregut fins a la superfície i tindrà més contacte amb la

matèria per oxidar-la. A més a més, una sola entrada d'aire és poc efectiva. Si hi ha varies entrades d'aire (ja sigui introduint més mànegues o bé fent orificis a les mànegues) l'oxigen podrà arribar a oxidar més matèria.

Les graelles de difusors compleixen totes aquestes característiques. Es tracta d'un sistema submergit que distribueix de la manera més efectiva possible les bombolles d'aire perquè puguin abastar la màxima quantitat d'aigua possible.

- Injecció d'aire enriquit: l'aire enriquit conté una proporció extra d'oxigen. Això faria que entrés més oxigen als tancs, fent que el procés fos més ràpid o que s'assolissin rendiments més elevats. Tot i que aquest sistema és molt efectiu també resulta car, cosa que comportaria fer un estudi per veure si és factible econòmicament fer ús d'aire enriquit per disminuir la DQO dels tancs d'homogeneïtzació.

3.2.6 Gestió del subproducte de la fabricació de resines

El subproducte obtingut de la fabricació de les resines té la textura d'una aigua oliosa emulsionada. Si el subproducte queda totalment pur en forma d'oli, té un valor al mercat aproximat de 200€ cada tona.

Com es pot veure a la Taula 3.5, aquest producte no surt totalment pur si no que es troba emulsionat amb aigua. Aquest valor econòmic explicat anteriorment és prou important com per plantejar-se purificar-lo per vendre'l i generar beneficis econòmics.

Com que l'oli i l'aigua que formen aquest subproducte estan emulsionats, no és possible separar aquests dos components per densitats. Per tant es proposa instal·lar un evaporador que separi els dos components. Dient a terme aquest procés s'aconseguiria retenir el producte ja que quedaria dins de l'evaporador i a més a més s'obtindria un benefici econòmic.

Es contacta amb una empresa de depuració i recuperació de fluids per tal de facilitar un evaporador que s'ajusti a les necessitats esmentades. El que proposa aquesta empresa és un evaporador SERIE DRY 100 AISI 316L, amb capacitat de treball des de 150 litres al dia fins a 1000 litres al dia. Aquest evaporador treballa automàticament gràcies al PLC que té incorporat que controla els paràmetres de funcionament.



Imatge 3.11: Evaporador SERIE DRY 100 AISI 316L

També disposa d'una pantalla per poder visualitzar el procés en tot moment.

Un cop es disposa del pressupost de l'evaporador, s'ha de valorar si és econòmicament viable implantar la seva instal·lació i si el retorn que s'obtindrà de la venda de l'oli és suficient com implantar-lo.

La quantitat d'oli pur que es pot extreure anualment és de:

$$18000 \text{ kg d'aigües olives} \cdot 0,86 = 15480 \text{ kg d'oli pur}$$

El valor del mercat d'aquest oli és de 200€/tona. Amb la quantitat extreta anualment s'obtindrien uns guanys d'aproximadament 3000 €. El pressupost de l'evaporador és de 24140€, per tant caldrien vuit anys per amortitzar l'evaporador.

Queda clar que ambientalment és factible instal·lar aquest evaporador, ja que així s'aconsegueix retenir aquest oli i no hi ha perill que sobresurti del dipòsit. Tot i això cal assegurar si es continuaran fabricant resines durant vuit anys per tal d'obtenir aquest subproducte i poder recuperar la inversió de l'evaporador.

4 **CONCLUSIONS**

Després dels estudis realitzats en aquest treball es poden treure les següents conclusions:

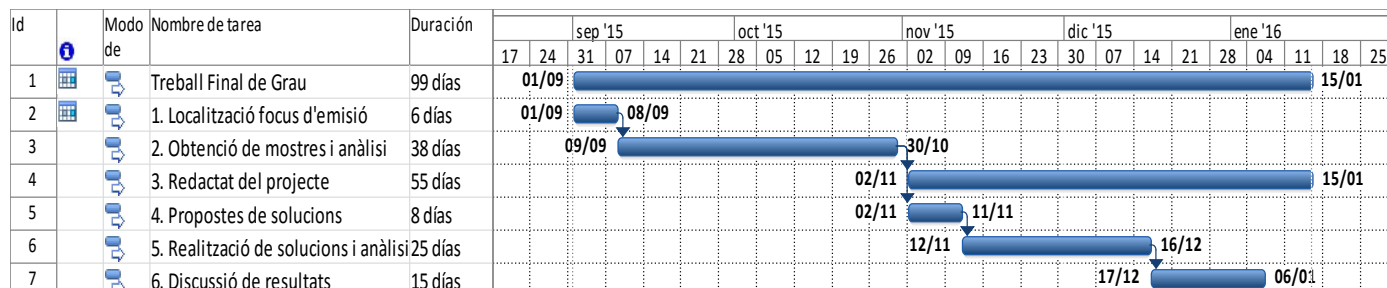
- Caracteritzar l'origen dels efluent que arriben a la depuradora permet identificar les possibilitats de minimització de consums d'aigua i proposar sistemes de millora al tractament de les aigües residuals.
- Els efluent que arriben als tancs d'homogeneïtzació amb les concentracions més problemàtiques són els rentats dels productes, especialment els polímers i els recobriments alimentaris. Aquests dos productes són, a la vegada, els productes que utilitzen més aigua per efectuar les neteges. Però els cabals més voluminosos a tractar són els provinents del rebuig d'osmosi i el de les purgues de caldera. Aquests dos no suposen un problema ja que el seu contingut i tipus de contaminant no són tant crítics com els de les neteges dels reactors.
- L'alta conductivitat en l'afluent de la sortida de la depuradora és causada, majoritàriament, per l'addició de coagulants i no per els afluents de la purga de la caldera i el rebuig de l'osmosi inversa.
- La neteja criogènica i els capçals rotatius automàtics són alternatives molt bones als sistemes de rentat actuals per tal de reduir el volum utilitzat en les neteges dels reactors. Ambdós sistemes comporten una inversió econòmica inicial però que tindria efectes immediats en quant a la reducció del volum d'aigua a tractar a la depuradora. Amb la neteja criogènica s'aconsegueix una reducció del 100% del volum utilitzat en les neteges, mentre que en els capçals rotatius automàtics s'aconsegueix una reducció del 50% del volum utilitzat en les neteges dels reactors.

- Els floculants amb base poliacrilàmida són els millors reactius químics per ser utilitzats com a floculant de les aigües amb més DQO, tant catióniques, anióniques o no iòniques i s'obtenen aigües depurades que compleixen amb els límits per poder abocar, excepte en el valor de la DQO. Amb aquests floculants s'aconsegueix una reducció de més del 90% de la DQO inicial amb les aigües més problemàtiques.
- La separació de les aigües segons la seva procedència permet el tractament amb diferents floculants per tal de disminuir els valors més problemàtics i aconseguir un millor procés de depuració.
- Filtrar les aigües de neteja dels productes amb el percentatge de sòlids totals més elevat permet que quedin retinguts grans quantitats de partícules aglutinades que en cas contrari s'haurien d'eliminar a la depuradora, perjudicant així el funcionament de la depuradora.
- L'ús de peròxid d'hidrogen com a pretractament a les aigües a depurar no és efectiu a causa de la complexitat i l'alt contingut de matèria orgànica de les aigües. En l'addició d'aquest reactiu en aquestes aigües no es demostra que sigui efectiu.
- Una aeració prolongada en les aigües a tractar aconseguix la reducció d'un 22% de la DQO. Aquest és un mètode senzill i efectiu que econòmicament té costos en la instal·lació, el funcionament de la bomba i el manteniment.
- La instal·lació d'un evaporador permet que el subproducte oliós procedent de la fabricació de les resines quedi retingut sense perill que sobresurti del dipòsit. Invertir amb la compra d'aquest equip s'obtindria un producte pur que té un valor al mercat i permetria la seva amortització al cap de vuit anys.

Finalment, la implantació d'aquestes propostes permetrà a l'empresa aconseguir una disminució de consums d'aigua de neteja i millorar la qualitat de les aigües abocades.

5 PLANIFICACIÓ I COST

De la realització d'aquest projecte se n'ha fet la planificació utilitzant el programa informàtic Project i es presenta mitjançant un diagrama de Gantt:



Imatge 5.1: Planificació del projecte

A continuació es detallen els costos d'aquest estudi. Utilitzant aquest mateix programa s'ha calculat el cost de la mà d'obra, que és 6336€. Juntament amb aquest valor s'hi ha de sumar tots els consumibles que s'han utilitzat per realitzar aquest projecte:

Consumibles	Preu unitari (€)	Quantitat	Total
Vial d'anàlisi DQO 15000	4,241 €/u	90	381,69 €
Vial d'anàlisi DQO 1500	4,173 €/u	10	41,73 €
Vial d'anàlisi Clorurs 200	3,366 €/u	75	252,45 €
Platet sòlids	0,417125 €/u	32	13,35 €
Pot i tapa petits	0,3264 €/u	110	35,90 €
Guants	0,036 €/u	34	1,22 €
Comptagotes d'un sol ús	0,0392 €/u	37	1,45 €
Ampolletes de vidre	0,45 €/u	8	3,60 €
Pot i tapa grans	0,87 €/u	5	4,35 €
Total consumibles = 735,75 €			

Taula 5.1: Resum dels costos consumibles per a la realització de l'estudi

El cost total de l'estudi és la suma total de mà d'obra i consumibles. Aquest sumatori és de **7071,75€**.

6 **BIBLIOGRAFIA**

Mas Chacori, J. M. (2007). *Projecte de tractament d'aigües residuals*.

Carrera, P. F. I. N. D. E. (n.d.). Características Técnicas Del Floculante PeQu-P133, 164–168.

Chemicals, B. P. (n.d.). Sedipur Up-to-date information on the ecological behavior of flocculants.pdf.

Crawford, S. (n.d.). Pure Water Occasional Water Treatment Methods Series. Retrieved from <http://www.purewateroccasional.net/wtmhydrogenperoxide.html>

Grupo Surfaquim and C & G IBERICA. (2013). Catálogo evaporadores.

Lenntech - Informació peròxid d'hidrogen com a desinfectant. (n.d.). Retrieved from • <http://www.lenntech.com/processes/disinfection/chemical/disinfectants-hydrogen-peroxide.htm>

Moog, P., & Ag, C. I. E. (n.d.). Sistemas para la limpieza interior de depósitos, 41(0).

Paulson, L. D. (2012). Aireación del agua. Retrieved from • <https://www.rwlwater.com/que-es-la-aireacion-del-agua/?lang=es>

Química de las aguas naturales. Tratamiento de aguas residuales. (2013), 1–21.

Rodriguez, T., Botelho, D., & Cleto, E. (2008). Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta. *Revista Facultad de Ingenieria*, (46), 24–38.

Scin, N. R. O. W. (n.d.). For water treatment.

Sistemes de rentat automàtics per dipòsits. (n.d.). Retrieved from <http://www.tankjet.com/>

Solís, M. C. (2012). Sistemas de aireación en tratamiento de agua residual industrial. Retrieved from <http://www.serquimsa.com/sistemas-de-aireacion-en-tratamiento-de-agua-residual-industrial/>

Surfaquim, G., & Dry, M. (2015). Evaporadores al vacío modelo dry 100.

Systems, D. I. (2013). Limpieza con hielo seco.

Técnicas, C. (n.d.). Cationic f43, (Iii), 17850.

Tipos de limpieza de tanques. (2015). Retrieved from

<http://www.edelflex.com/content/%C2%BFcomo-se-limpia-un-silo-de-harina>

Departament de Medi Ambient, C. (2003). Reglament dels serveis públics de sanejament. Retrieved from

http://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?documentId=322238&action=fitxa

ANNEXES

ANNEX 1 – Resultats dels anàlisis dels tancs d'homogeneïtzació

Mostra	Data recollida	pH	Clorurs (mg/L)	Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	DQO (mg/L)	Sòlids totals (%)	Color
TH1	07/07/2015	8,48	1160	2004	14900	0,65	Més transparent que blanc
TH2	14/07/2015	8,1	2400	2795	17800	1,36	Més blau turquesa que transparent
TH3	28/07/2015	6,57	1500	1720	20600	0,99	Més marronós que transparent
TH4	04/08/2015	7,17	2130	1885	20200	1,48	Igual transparent que gris
TH5	25/08/2015	7,04	-	3105	14800	1,25	Més cru beix que transparent
TH6	01/09/2015	6,6	3880	2676	8200	0,81	Igual transparent que cru
TH7	08/09/2015	6,35	1680	2456	12200	0,91	Més cru que transparent
TH8	15/09/2015	6,26	1400	1978	24600	1,81	Més cru que transparent
TH9	22/09/2015	6,29	2740	2150	32000	1,88	Més beix marró que transparent
TH10	29/09/2015	7,04	1500	2154	12800	1,08	Més marro cru que transparent
TH11	06/10/2015	7,29	2020	2167	22400	1,51	Més cru que transparent
TH12	20/10/2015	10,85	1560	2972	8900	1,74	Més transparent que gris-blavós
TH13	27/10/2015	7,44	2420	2462	16600	1,32	Força més cru que transparent
TH14	03/11/2015	6,54	2180	2037	23400	1,58	Més gris que transparent
TH15	10/11/2015	7,57	4000	2585	99000	2,46	Més gris que transparent
TH16	17/11/2015	8,25	-	2402	34000	1,89	Més gris-marró que transparent
TH17	24/11/2015	7,95	2860	3108	20600	1,39	Més gris que transparent
TH18	01/12/2015	7,03	1360	2141	31500	1,88	Més blanc que transparent

Taula Annex 1: Valors de tots els anàlisis realitzats als tancs d'homogeneïtzació

ANNEX 2 – Resultats de la sortida de la depuradora

Mostra	Data recollida	pH	Clorurs (mg/L)	Conductivitat ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	DQO (mg/L)
Sort.Dep.1	23/06/2015	9,63	2220	5990	1450
Sort.Dep.2	30/06/2015	9,81	-	5220	1425
Sort.Dep.3	07/07/2015	9,24	2220	4270	1450
Sort.Dep.4	09/07/2015	9,31	2220	4425	1450
Sort.Dep.5	14/07/2015	8,58	2320	4182	1350
Sort.Dep.6	28/07/2015	9,43	2340	4434	1200
Sort.Dep.7	04/08/2015	9,02	2400	5669	1350
Sort.Dep.8	06/08/2015	9,56	2480	4765	1400
Sort.Dep.10	25/08/2015	6,04	-	5884	1050
Sort.Dep.9	25/08/2015	6,23	800	1600	100
Sort.Dep.11	01/09/2015	6,58	-	4154	1400
Sort.Dep.12	03/09/2015	7,81	900	1772	1250
Sort.Dep.13	08/09/2015	6,29	2320	4009	1400
Sort.Dep.14	15/09/2015	9,71	1900	3259	880
Sort.Dep.15	22/09/2015	8,83	2320	4160	-
Sort.Dep.16	22/09/2015	6,34	2440	4044	1150
Sort.Dep.17	23/09/2015	6,26	1640	2803	404
Sort.Dep.18	24/09/2015	6,88	2480	4752	1250
Sort.Dep.19	29/09/2015	9,63	2440	5052	1450
Sort.Dep.20	30/09/2015	9,66	2360	5794	1500
Sort.Dep.21	02/10/2015	7,38	2320	4539	1400
Sort.Dep.22	06/10/2015	9,68	2040	4147	1400
Sort.Dep.23	08/10/2015	9,94	1720	4688	1450
Sort.Dep.24	13/10/2015	8,57	2380	4732	1350

Sort.Dep.25	15/10/2015	9,26	2320	3584	1000
Sort.Dep.26	20/10/2015	9,86	1900	5098	1450
Sort.Dep.27	22/10/2015	7,81	2340	4879	1400
Sort.Dep.28	29/10/2015	8,85	2400	5581	1450
Sort.Dep.29	03/11/2015	7,86	2380	5457	1300
Sort.Dep.30	05/11/2015	6,07	2460	5143	1400
Sort.Dep.31	10/11/2015	6,19	1920	5826	1300
Sort.Dep.32	12/11/2015	8,97	2160	4234	825
Sort.Dep.33	17/11/2015	9,43	2200	5963	1450
Sort.Dep.34	19/11/2015	9,87	2460	5716	1300
Sort.Dep.35	24/11/2015	6,16	2260	5746	1150
Sort.Dep.36	26/11/2015	9,72	2400	5858	1200
Sort.Dep.37	30/11/2015	7,08	1020	1817	100
Sort.Dep.38	01/12/2015	9,58	2500	-	1350

Taula Annex 2: Valors de tots els anàlisis realitzats a les aigües depurades.

ANNEX 3 – Imatges de la decantació de diferents floculants

AF 934 SH



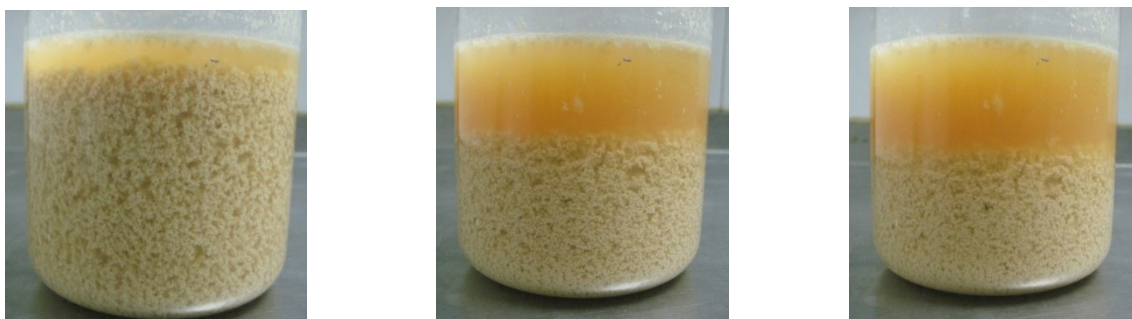
Imatge 0.1: Procés de sedimentació del floculant AF 934 SH. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

EM 640 MEB



Imatge 0.2: Procés de sedimentació del floculant EM 640 MEB. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

EM 840 MEB



Imatge 0.3: Procés de sedimentació del floculant EM 840 MEB. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

MAGNAFLOC CT20



Imatge 0.4: Procés de sedimentació del floculant MAGNAFLOC CT20. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

NF 920 SH



Imatge 0.5: Procés de sedimentació del floculant NF 920 SH. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

PeQu - 133



Imatge 0.6 Procés de sedimentació del floculant PeQu-133. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

PeQu – PL131



Imatge 0.7: Procés de sedimentació del flocculant PeQu-PL131. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

PeQu – PL131.2



Imatge 0.8: Procés de sedimentació del flocculant PeQu-PL131.2. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

ZETAG 4145



Imatge 0.9: Procés de sedimentació del flocculant ZETAG 4145. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

ZETAG 8818



Imatge 0.10: Procés de sedimentació del floculant ZETAG 8818. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.

ZETAG 9016



Imatge 0.11: Procés de sedimentació del floculant ZETAG 9016. El temps de sedimentació de cada imatge és d'esquerra a dreta: temps inicial, 15 minuts i una hora.